

LES RISQUES LIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX DANS LA RÉGION MÉDITERRANÉE

Une évaluation préliminaire par le réseau MedECC
L'interface science-décideurs - 2019

MedECC
Mediterranean Experts on Climate and environmental Change

Union for the Mediterranean
Union pour la Méditerranée
الإتحاد من أجل المتوسط

Sweden
Sverige

UN environment
United Nations Environment Programme

MAP
Mediterranean Action Plan
Barcelona Convention

Plan Bleu

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

INDEX

SYNTHÈSE 4

CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA RÉGION MÉDITERRANÉE: LES ÉLÉMENTS CLÉS 5

Température de l'air 5
Précipitations 7
Température de la mer 7
Niveau de la mer 8
Acidification 9

IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX ET ALÉAS ASSOCIÉS 10

Ressources en eau 10
Ressources alimentaires 11
Écosystèmes 12
Écosystèmes terrestres 13
Écosystèmes marins 15
Écosystèmes côtiers 17
Écosystèmes et zones humides d'eau douce 18
Santé humaine 18
Sécurité humaine 19

MEDECC : VERS UNE INTERFACE SCIENCE-POLITIQUE EN MÉDITERRANÉE 21

Le réseau d'experts méditerranéens sur le changement climatique et environnemental (MedECC) 22
Les objectifs du MedECC sont les suivants 23
1er rapport d'évaluation du MedECC (MAR1) 24
Structure du MedECC 25
Historique du MedECC 26
Article fondateur de MedECC 26
Interfaces locales sciences-politique en Méditerranée 27

RÉFÉRENCES 28

ANNEXE 28

Synthèse

Depuis quelques temps, les changements climatiques s'intensifient et exacerbent les problèmes environnementaux du bassin méditerranéen qui sont causés par les effets combinés des modifications de l'utilisation des sols, de l'augmentation de la pollution et de la dégradation de la biodiversité. Dans la plupart des domaines d'impact (comme l'eau, les écosystèmes, la nourriture, la santé et la sécurité), les changements actuels et les futurs scénarios révèlent systématiquement d'importants risques accrus dans les décennies à venir. Les politiques de développement durable des pays méditerranéens doivent réduire ces risques et envisager des options d'adaptation. Cependant, ces derniers ne disposent pas actuellement des informations nécessaires pour le faire, notamment dans les régions les plus vulnérables du sud de la Méditerranée où les systèmes d'observation systématique et les modèles d'impact sont plus rares. Des efforts spécifiques sont actuellement mis en œuvre pour compiler les connaissances scientifiques existantes dans différentes disciplines afin de mieux comprendre les risques encourus. Ces efforts sont coordonnés par le réseau d'experts méditerranéens sur les changements climatiques et environnementaux (MedECC) avec le soutien de l'Union pour la Méditerranée et le Plan Bleu (Centre d'activités régionales du PNUE/PAM). Ce document présente les conclusions préliminaires de l'évaluation.

Changement climatique dans la région Méditerranée : les éléments clés

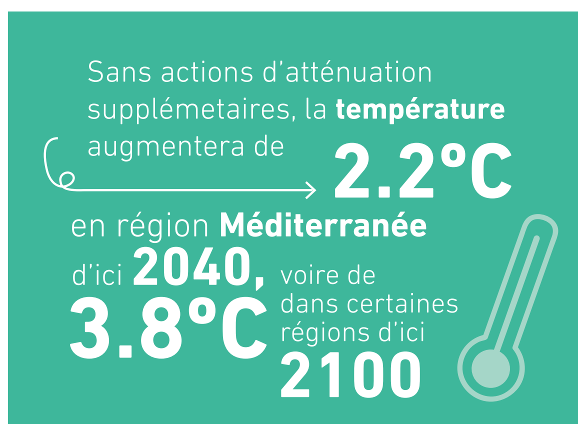
La mer Méditerranée est entourée par trois continents : l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La richesse et la diversité culturelles de cette région sont exceptionnelles. Mais le bassin méditerranéen est une région qui connaît également des changements constants. Il est caractérisé par les activités humaines, comme l'utilisation des sols et de la mer, y compris l'urbanisation et le tourisme qui se concentrent particulièrement près du littoral et du niveau de la mer. La mer Méditerranée est aussi une zone de développement industriel et elle est l'un des couloirs maritimes les plus fréquentés au monde.

On constate d'importantes inégalités entre les différents pays méditerranéens. Malgré les importants progrès réalisés par les pays méditerranéens du sud, les pays méditerranéens du nord obtiennent, de façon générale, de meilleurs résultats que ceux du sud et du Moyen-Orient concernant différents indicateurs comme le bien-être, le développement économique, l'efficacité de la gouvernance et les réseaux sociaux (avec des exceptions dans les deux sens)[1]. Ces inégalités sont exacerbées par une forte croissance démographique en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, avec une population qui est passée de 105 millions en 1960 à 444 millions en 2017[2]. Ces régions sont confrontées à une répartition non homogène des ressources, à l'instabilité sociale, aux conflits et aux flux migratoires. Outre ces facteurs sociaux, le bassin méditerranéen est naturellement exposé à de nombreux risques, notamment les séismes, les éruptions volcaniques, les crues, les incendies et les sécheresses.

Compte tenu de la complexité de la situation, plusieurs nouveaux enjeux liés au changement climatique sont à prendre en compte, comme le réchauffement climatique, des sécheresses accrues, l'élévation du niveau de la mer et son acidification. Ces enjeux sont également associés à d'autres changements environnementaux comme la pollution et l'étalement urbain.

Température de l'air

En région Méditerranée, les températures annuelles moyennes sont aujourd'hui environ 1,5°C au-dessus des moyennes avant la révolution industrielle (1880-1899) et supérieures aux tendances mondiales en matière de réchauffement (+1,1°C) (Fig. 1).



Toujours dans cette région, la tendance est de 0,03°C par an, une tendance également supérieure aux tendances mondiales. Sans actions d'atténuation supplémentaires, la température augmentera de 2,2°C (par rapport à la période préindustrielle) en région Méditerranée d'ici 2040, voire de 3,8°C dans certaines régions d'ici 2100 (Fig. 2). Les périodes estivales seront potentiellement plus impactées par cette augmentation que les périodes hivernales. Des épisodes de fortes températures et des canicules (périodes de chaleur excessive) seront probablement plus fréquents et/ou plus intenses[3,4]. Les activités humaines rendent les zones urbaines sensiblement plus chaudes que les zones rurales environnantes et ce, notamment la nuit. Ce phénomène s'appelle « l'îlot de chaleur urbain ». Il exacerbe l'augmentation de la fréquence, de l'intensité et de la durée des vagues de chaleur[5].

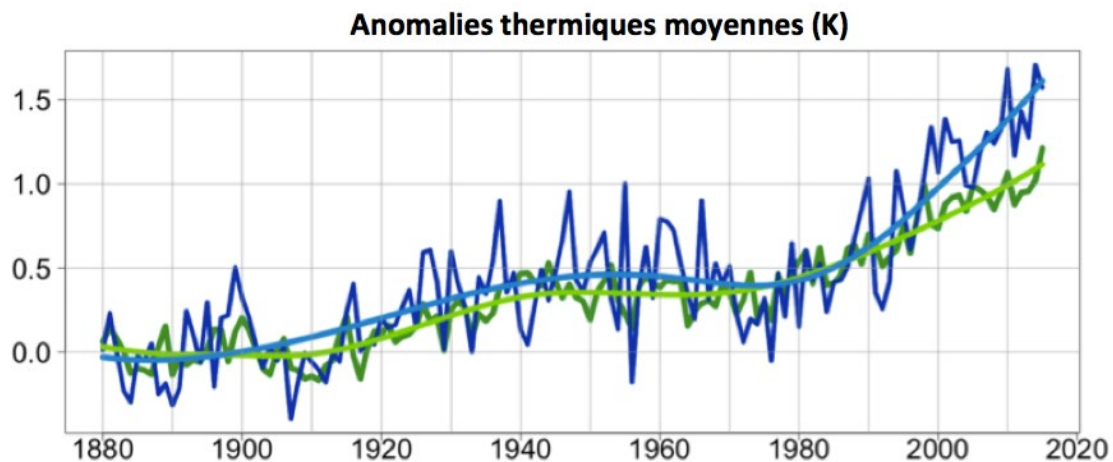


Figure 1

Le réchauffement de l'atmosphère (évolution des températures annuelles moyennes par rapport aux moyennes de la période 1880-1899) en région Méditerranée (lignes bleues, avec et sans lissage) et au niveau mondial (ligne verte). En région Méditerranée, la température annuelle moyenne est aujourd'hui environ 1,5°C au-dessus de celle de la période 1880-1899 et supérieure à la tendance mondiale en matière de réchauffement[6].

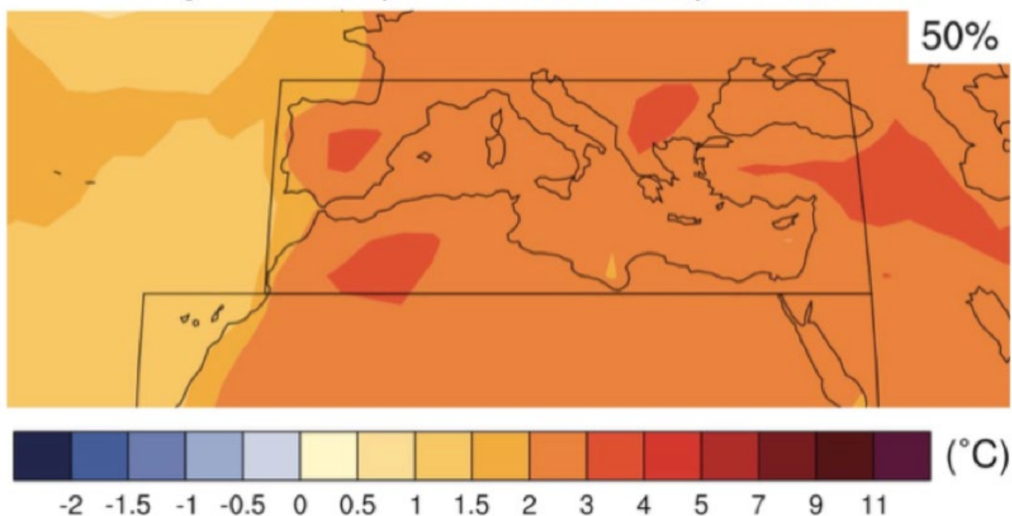


Figure 2

Évolution attendue des températures durant les mois d'été sur la période 2081-2100 comparée à la période 1986-2005, sur la base du scénario moyen-bas RCP4.5[7]. Pour obtenir un réchauffement comparatif à la période de la révolution industrielle (1880-1899), il convient d'ajouter 0,85°C.

Précipitations

Les niveaux de précipitation observés en Méditerranée sont caractérisés par une forte hétérogénéité géographique et temporelle mais les modèles climatiques indiquent clairement une tendance vers une réduction des précipitations dans les décennies à venir[8]. La baisse des précipitations associée à l'intensification du réchauffement contribuent à des tendances fortes vers un assèchement du climat. La fréquence et l'intensité des sécheresses ont déjà sensiblement augmenté en Méditerranée depuis 1950[9]. Entre 2008 et 2011, par exemple, le Moyen-Orient a connu une forte période de sécheresse en raison de l'absence prolongée de pluies, une situation exacerbée par l'importante évapotranspiration liée au réchauffement (la température moyenne a augmenté de 1°C entre 1931 et 2008) et par l'augmentation de la demande en eau due à la forte croissance démographique.

Une augmentation de 2°C de la température de l'atmosphère à l'échelle mondiale devrait entraîner une baisse d'environ 10 à 15 % des précipitations estivales dans le sud de la France, le nord-ouest de l'Espagne et les Balkans, ainsi qu'une baisse de 30 % en Turquie[10]. Une augmentation de la température de 2 à 4°C dans le sud de l'Europe en 2080 provoquerait une baisse importante et généralisée des précipitations pouvant atteindre jusqu'à 30 %, ainsi que la disparition des périodes de gelées dans les Balkans[11]. Une hausse d'un degré de la température à l'échelle mondiale entraînerait une baisse d'environ 4 % des précipitations dans la majeure partie de la région, notamment dans le sud[12]. La durée des épisodes de sécheresse pourrait aussi croître de 7 % si la température mondiale venait à augmenter de 1,5°C[13] (Fig. 3). Enfin, les épisodes de fortes pluies pourraient s'intensifier de 10 à 20 % durant toutes les saisons, sauf l'été[14,15].

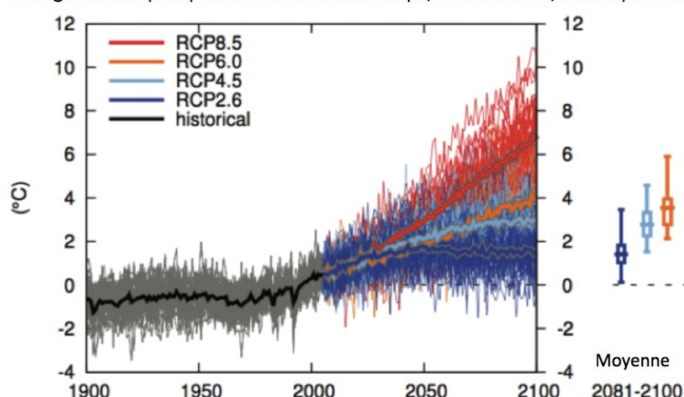


Figure 3
Évolution du niveau des précipitations entre avril et septembre sur la période 1986-2005, le sud de l'Europe/Méditerranée (30°N à 45°N, 10°O à 40°E) dans le cadre de différents scénarios[7].

Température de la mer

Le réchauffement de la surface de la mer Méditerranée est actuellement estimé à 0,4°C par décennie sur la période 1985-2006 (+0,3°C par décennie pour la région ouest et +0,5°C par décennie pour la région est). La hausse de la température n'est pas constante sur l'année et a principalement lieu entre mai et juillet. La hausse la plus importante de 0,16°C par an a été identifiée en juin dans les mers Tyrrhénienne, Ligurienne et Adriatique et dans les eaux proches des côtes africaines. La mer Égée présente la plus forte évolution de la température de la surface de la mer durant le mois d'août[16]. Les projections pour 2100 sont comprises entre +1,8°C et +3,5°C en moyenne par rapport aux températures relevées entre 1961 et 1990. Les Îles Baléares, la région nord-ouest de la mer Ionienne, la mer Égée et le bassin Levantin sont considérés comme les régions les plus impactées par l'augmentation de la température de la surface de la mer[17] (Fig. 4).

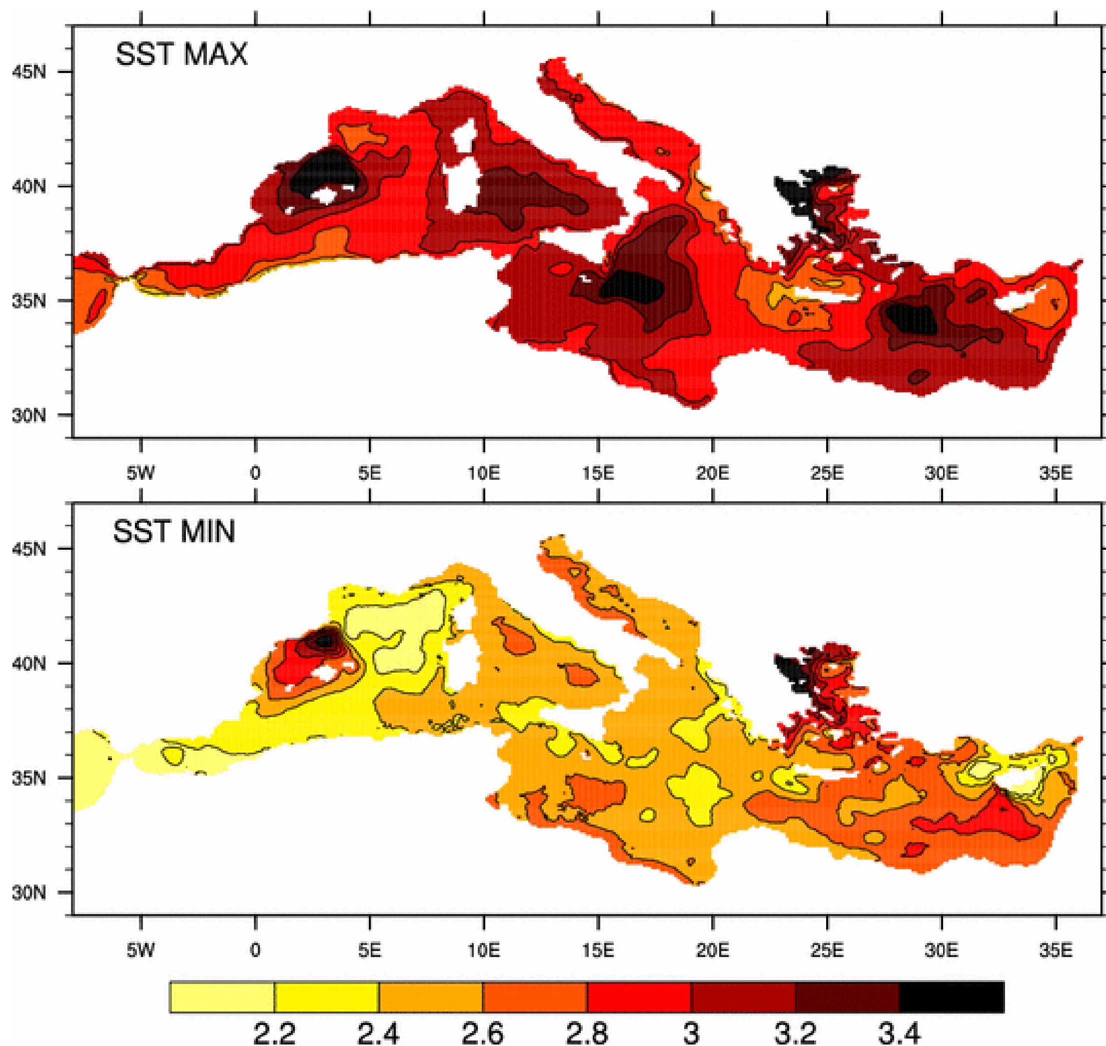


Figure 4
Évolutions minimales et maximales attendues de la température de la surface de la mer sur la période 2070-2099 (par rapport à la période 1961-1990). Les écarts les plus importants (MAX) et les moins importants (MIN) pour six scénarios sont représentés (°C)[17]

Niveau de la mer

À l'instar des tendances mondiales associées au réchauffement climatique et à la fonte des glaces, le niveau de la mer en Méditerranée a augmenté de 0,7 mm par an[18] entre 1945 et 2000 et de 1,1 mm par an[19] entre 1970 et 2006. On constate une accélération de l'élévation du niveau de la mer ces deux dernières décennies atteignant environ 3 mm par an[20]. L'élévation moyenne du niveau de la mer à l'échelle mondiale dans les années à venir reste aujourd'hui incertaine. Selon la méthode utilisée, les scénarios prévoient une élévation moyenne du niveau de la mer à l'échelle mondiale comprise entre 52 et 190 cm à l'horizon 2100. Ces incertitudes auront un impact important sur l'élévation du niveau de la mer Méditerranée en raison de sa connexion au système océanique mondial, via le détroit de Gibraltar. L'accélération de la fonte de l'inlandsis au Groenland et en Antarctique représente un risque important d'élévation du niveau de la mer, avec une élévation potentielle de plusieurs mètres[13], même si le réchauffement climatique à l'échelle mondiale se limite à une augmentation de 1,5°C.

Les prévisions régionales concernant l'évolution du niveau de la mer sont moins précises que les prévisions à l'échelle mondiale, à cause des limites des modèles globaux et à cause des interactions entre l'océan Atlantique et la mer Méditerranée. Concernant les côtes méditerranéennes, les changements régionaux en matière de ruissellements fluviaux qui entraînent une évolution de la salinité, ainsi que des mouvements des sols dans la région orientale du bassin méditerranéen sont également à prendre en compte. Outre l'impact de l'élévation du niveau de la mer à l'échelle mondiale, les trajectoires de circulation des eaux en mer Méditerranée peuvent également être modifiées et entraîner des changements du niveau de la mer à l'échelle régionale[17], avec des écarts de niveau de la surface de la mer pouvant atteindre 10 cm. D'importantes inondations côtières sont attendues d'ici 2100 au sud de l'Italie[21], ainsi que des altérations conséquentes du trait de côte dans d'autres régions comme les îles Baléares.

Acidification

Les océans mondiaux ont absorbés environ 30 % du CO_2 émis par les activités humaines[23]. Le CO_2 absorbé par l'eau produit un acide dilué qui se désagrège et contribue à l'acidification des océans. Le pH de l'océan a diminué de 0,1 unité depuis la révolution industrielle, alors qu'il était stable depuis au moins 65 millions d'années. À l'échelle mondiale, l'absorption du CO_2 par les océans devrait produire d'ici 2100 une acidification comprise entre 0,15 et 0,41 unités de pH en dessous des niveaux de la période 1870-1899[24]. Des taux similaires sont attendus en mer Méditerranée, avec une baisse actuelle estimée comprise entre 0,018 et 0,028 unité de pH par décennie[26,25].

LE **pH** DE L'OCÉAN A DIMINUÉ DE **0.1 UNITÉ DEPUIS LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE,** ALORS QU'IL ÉTAIT STABLE DEPUIS AU MOINS **65 MILLIONS D'ANNÉES**



Impacts des changements climatiques et environnementaux et aléas associés

Le changement climatique présente d'importants risques pour les écosystèmes et pour le bien-être des êtres humains[27]. Outre les conséquences directes du changement climatique, il existe de nombreuses autres conséquences associées aux changements environnementaux résultant des pressions anthropiques, comme la pollution de l'air, de l'eau et des sols, et à la dégradation des écosystèmes terrestres et océaniques liée aux activités industrielles, à l'urbanisation, au transport et à l'utilisation non durable des ressources. Les enjeux associés à ces changements touchent plusieurs domaines, notamment l'accès aux ressources naturelles (eau et nourriture), le bon état des écosystèmes, la santé humaine et la sécurité face aux catastrophes naturelles.

Ressources en eau

La disponibilité de l'eau du bassin méditerranéen sera réduite en raison de trois facteurs : (i) baisse des précipitations, (ii) hausse des températures, et (ii) croissance démographique, en particulier dans les pays où l'approvisionnement en eau est déjà insuffisant.

Le changement climatique provoque la hausse de l'évapotranspiration et la baisse des précipitations. De ce fait, la région Méditerranée devrait connaître une diminution sensible de la disponibilité en eau douce (entre 2 et 15 % pour une hausse de 2°C de la température), soit l'une des plus fortes baisses au niveau mondial[28,29,30]. La durée des périodes sèches devrait augmenter de façon significative[31,13] ainsi que la durée et l'intensité des sécheresses[32]. La population méditerranéenne considérée comme « pauvre en eau » (c'est-à-dire disposant de moins de 1000 m^3 par habitant et par an) devrait passer de 180 millions en 2013 à plus de 250 millions dans les 20 prochaines années[33]. Les populations des régions semi-arides situées au Sud et à l'Est de la Méditerranée sont davantage exposées au manque d'eau et à la forte variabilité interannuelle de leurs ressources en eau. Les personnes habitant dans les bassins versants du Moyen et Proche-Orient seront exposées à de nouvelles pénuries chroniques d'eau, même si le réchauffement climatique se limite à une hausse inférieure à 2°C. En Grèce et en Turquie, la disponibilité de l'eau pourrait passer pour la première fois sous la barre des 1000 m^3 par habitant et par an d'ici 2030[34]. La disponibilité actuellement insuffisante en eau par habitant dans le sud-est de l'Espagne et les côtes sud de la Méditerranée (Fig. 5) pourrait descendre sous les 500 m^3 par habitant et par an (situation de pénurie d'eau) dans un avenir proche.

Le débit fluvial est généralement limité, notamment dans les régions sud et où l'approvisionnement en eau est particulièrement insuffisant[11]. Le niveau d'eau dans les lacs et les retenues d'eau baissera. Par exemple, le plus grand lac méditerranéen, le lac de Beyşehir en Turquie, pourrait disparaître d'ici 2040, à moins que les régimes de déversement ne soient modifiés[36].

La principale source d'eau douce en Afrique du Nord et au Moyen-Orient reste les aquifères partagés. Cette ressource est également menacée, tout comme le système d'aquifère au nord-ouest du Sahara qui présente un taux de renouvellement de seulement 40 % des retraits[37]. Les systèmes d'oasis qui en dépendent se retrouvent ainsi dans une situation de grande vulnérabilité. L'exploitation intensive des eaux souterraines a causé la chute du niveau des eaux souterraines dans certaines régions[38,39]. Non seulement les volumes d'eaux souterraines baissent, mais leur qualité se dégrade en raison de la surexploitation, de la pollution, de l'urbanisation rampante et de l'infiltration de l'eau de mer du fait de l'élévation du niveau de la mer[40]. La dégradation de la qualité de l'eau par pollution touche particulièrement les côtes sud et est[34], en raison des nouvelles industries, de l'étalement urbain, du développement touristique, des flux migratoires et de la croissance démographique.

Certaines régions arides dépendent en grande partie des ressources en eau fournies

par la fonte des neiges des massifs montagneux. Pour ces bassins versants en aval des réserves de neige (par exemple la chaîne de l'Atlas au Maroc ou les Alpes en Italie et en France), le changement climatique entraîne une diminution des ruissellements printaniers associés à la fonte des neiges[41], réduisant ainsi les ressources en eau disponibles.

La pénurie croissante en eau est exacerbée par une demande croissante. L'irrigation représente entre 50 et 90 % de la demande totale en eau de la Méditerranée[42]. Les exigences en matière d'irrigation en région Méditerranée devraient augmenter entre 4 et 18 % d'ici la fin du XXIe siècle en raison du changement climatique uniquement (pour un réchauffement de 2 et 5°C, respectivement). Ces chiffres pourraient atteindre 22 à 74 % du fait de la croissance démographique et de la hausse de la demande[43]. La demande en eau associée à la production industrielle devrait également augmenter de 50 à 100 % d'ici 2050 dans la région des Balkans et du sud de la France[11]. La croissance démographique projetée, en particulier dans les zones côtières des pays de l'est et du sud de la Méditerranée, et l'urbanisation croissante entraînent non seulement une demande en eau plus élevée, mais aussi une dégradation de la qualité de l'eau. Satisfaire la demande croissante en une eau potable de qualité et en eau d'irrigation est un problème complexe qui impliquent souvent des désaccords entre les consommateurs des eaux souterraines et les propriétaires de terres ou entre les pays. Les inondations qui devraient être de plus en plus fréquentes pourraient affaiblir la disponibilité en eau. En effet, elles endommagent les réseaux d'approvisionnement en eau, résultant en une disponibilité réduite de l'eau potable et une perturbation des réseaux d'approvisionnement[44]

LA **RÉGION MEDITERRANEÉ** DEVRAIT CONNAÎTRE UNE **DIMINUTION** SENSIBLE DE LA **DISPONIBILITÉ** EN **EAU DOUCE**

Entre **2** to **15%**
pour une hausse de
2°C de la **température**

SOIT L'UNE DES **PLUS FORTES BAISSES** AU **NIVEAU MONDIAL**

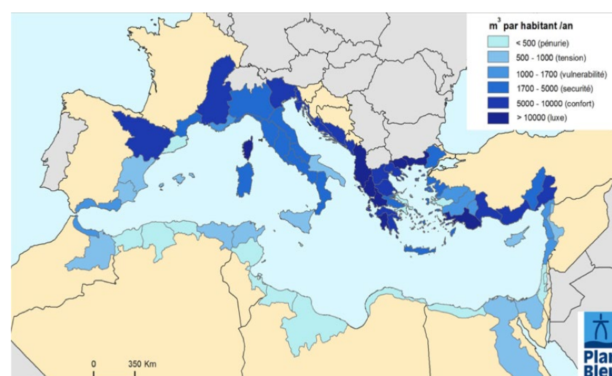


Figure 5
Ressources en eau naturelles renouvelables annuelles par habitant dans les principaux bassins versants méditerranéens, exprimées sous forme de niveau de pénurie pour la consommation humaine[35]

Ressources alimentaires

Les changements climatiques, environnementaux et socio-économiques représentent une menace pour la sécurité alimentaire en région Méditerranée. Les pressions ne sont pas homogènes dans la région et pour les différents secteurs de production[45]. Les facteurs affectant les secteurs de l'agriculture et de l'élevage dans le bassin méditerranéen sont la pénurie en eau, la dégradation des sols et l'érosion[31]. Les événements climatiques extrêmes, comme les sécheresses, les canicules et les fortes précipitations, entraînent des pertes de production imprévues et contribuent à la variabilité du rendement des cultures[46,47,48]. Au niveau des deltas, qui revêtent une importance capitale pour la production agricole (le delta du Nil par exemple), la zone agricole disponible est réduite en raison de l'élévation du niveau de la mer et de la subsidence des terres[49,50]. La sécurité alimentaire est également menacée par les parasites et les mycotoxines (substances toxiques produites par des champignons, plus particulièrement par des moisissures) qui se développent sur des plantes dans la nature ou dans les espaces de stockage. Leur développement est lié aux conditions climatiques[51].

Le rendement de nombreuses cultures d'hiver et d'été devrait baisser en raison des effets du changement climatique, particulièrement dans les régions du sud. D'ici 2050, on anticipe une

baisse de 40 % de la production de légumes en Égypte et de 12 % de la production de tournesol et de 14 % des de la production de tubercules en Europe du Sud. Le réchauffement climatique devrait également affecter la production d'olives du fait de l'augmentation de la demande en eau d'irrigation[52], des risques liés au stress thermique lors de la floraison et de la modification du risque de pullulation des mouches[53]. Même si ces facteurs ne devraient pas avoir un impact conséquent sur la production générale dans la région, des disparités locales et régionales apparaitront[53]. Des cycles de vie plus courts et des floraisons précoces sont projetés pour les vignes, avec une exposition accrue aux évènements climatiques extrêmes. Les périodes sèches projetées pour Europe, y compris l'important stress hydrique de plusieurs régions (par exemple dans le sud de l'Espagne et de l'Italie), pourraient entraîner localement une baisse du rendement et de la surface foliaire et une augmentation de la demande en eau d'irrigation[54]. Ces conditions pourraient affecter non seulement le rendement viticole mais aussi la qualité des raisins. La floraison précoce et l'insuffisance de la période de temps froid (« chilling ») devraient également entraîner une baisse du rendement des arbres fruitiers[55]. Pour les légumes comme les tomates, la disponibilité réduite de l'eau sera le principal facteur limitant leur rendement[56]. Pour certaines cultures, une hausse du rendement pourrait provenir de l'effet fertilisant du CO_2 (hausse du taux de photosynthèse et sensibilité réduite à la sécheresse liées à l'augmentation du taux de CO_2 dans l'atmosphère), causant une efficacité accrue de l'utilisation de l'eau et une meilleure productivité de la biomasse[57,54]. Cependant, la complexité des interactions entre les différents facteurs et les lacunes actuelles ne permettent pas de lever certaines incertitudes[47,49]. Pour plusieurs types de céréale, ces rendements accrus devraient être associés à une dégradation de la qualité (par exemple, faible teneur en protéines)[48].

Les tendances de consommation actuelles impliquent des empreintes écologique, carbone et eau plus importantes[58]. Sur une période de 50 ans, la population de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient a été multipliée par 3,5 avec des habitudes alimentaires aujourd'hui plus proches de celles de l'Occident (c'est-à-dire un régime alimentaire plus riche en viande). L'élevage de bétails se situe principalement dans des régions arides ou semi-arides du sud de la Méditerranée. Il est passé d'un type extensif à un élevage largement dépendant des céréales fourragères, ce qui contribue à la pauvreté et à l'exode rural et expose les exploitations aux impacts liés aux changements climatiques à l'échelle mondiale. La dépendance de ces pays aux produits alimentaires importés (estimée à environ 50 % de tous les produits alimentaires au Maghreb[59]) devrait s'intensifier.

La pêche et l'aquaculture contribuent largement à la sécurité alimentaire et à l'économie de la région Méditerranée. Depuis des millénaires, la pêche est une activité importante en Méditerranée et il en a résulté une surexploitation des principales espèces commerciales, avec 90 % des stocks en état de surpêche[60]. L'aquaculture (principalement les poissons et les mollusques) représente aujourd'hui plus de 50 % des prises totales de pêche et joue un rôle important dans les populations côtières car elle contribue au développement économique de ces régions[61,62]. La production aquacole en Méditerranée représente 6 % des recettes mondiales de la production aquacole en mer et en eaux saumâtres, alors que la mer Méditerranée ne représente que 0,8 % des océans de la planète. La pêche commerciale devrait diminuer avec une large incertitude en Méditerranée. En revanche, la production aquacole devrait augmenter de 112 % dans les pays méditerranéens membres de l'Union européenne entre 2010 et 2030 (de 280 000 à presque 600 000 tonnes)[61].

En considérant les niveaux de pêche entre 1991 et 2010, les scénarios les plus pessimistes projettent que plus de 20 % des poissons et invertébrés exploités actuellement dans l'est de la Méditerranée vont disparaître de la région entre 2040 et 2059[63,64]. Entre 2070 et 2099, 45 espèces devraient être ajoutées à la liste rouge des espèces menacées de l'UICN et 14 autres devraient disparaître[65]. Le potentiel maximal de prélèvement au niveau des côtes sud de la mer Méditerranée devrait diminuer de plus de 20 % d'ici 2050 par rapport aux années 1990 en prenant en compte le scénario le plus pessimiste[64].

Les secteurs de la pêche et de l'aquaculture sont aujourd'hui principalement impactés par la surpêche et le développement côtier. Le changement climatique et l'acidification peuvent aussi parfois jouer un rôle important. Le sprat, une espèce pélagique de petite taille vivant en eaux froides, a quasiment disparu des prises commerciales du nord-ouest de la Méditerranée. Les débarquements de sardines et d'anchois sont en baisse depuis plusieurs décennies. D'autre part, les espèces vivant en eaux chaudes, telles que la sardinelle ronde, sont en pleine croissance[66]. La migration des espèces vers des zones plus

froides suite au réchauffement des océans[67] est géographiquement limitée dans les mers fermées comme la mer Méditerranée[65].



Écosystèmes

Du point de vue des humains, les écosystèmes méditerranéens fournissent de nombreux services, notamment des ressources naturelles renouvelables (nourriture, substances médicamenteuses, bois et champignons), des services environnementaux (maintien de la biodiversité, sols et eau, contrôle de la qualité de l'air et du climat, stockage du carbone) et des services sociaux (usages récréatifs, éducatifs et de loisir, patrimoines culturels et traditionnels, tourisme et randonnées)[68]. Cependant, ces écosystèmes sont maintenant l'objet d'enjeux sans précédent en raison des changements climatiques et environnementaux résultant des activités humaines (surexploitation, pollution et modification de l'utilisation des sols et des mers), menaçant ainsi la disponibilité de la majorité des services qu'ils fournissent.

Écosystèmes terrestres

La biodiversité du bassin méditerranéen est exceptionnelle. Dans le cas des espèces d'arbres et de buissons, par exemple, la région Méditerranéenne, qui ne représente pas plus de 1,8 % de la surface boisée mondiale, abrite 290 essences forestières contre seulement 135 pour le reste de l'Europe[69]. Il existe également beaucoup d'espèces endémiques (plantes et animaux existant uniquement dans une zone géographique). Les écosystèmes terrestres sont impactés non seulement par les effets directs du changement climatique (réchauffement, sécheresse) mais aussi par les changements liés à l'utilisation des sols (y compris l'abandon des pâturages et de l'agriculture extensive dans certaines régions isolées et montagneuses) et à l'urbanisation, qui entraîne une fragmentation du paysage[70]. Les écosystèmes terrestres sont également impactés par la pollution, le tourisme non soutenable, la surexploitation des ressources, etc. (par exemple le surpâturage et les feux de forêt).

L'effet combiné du réchauffement et de la sécheresse devrait entraîner une hausse généralisée de l'aridité et par conséquent de la désertification de plusieurs écosystèmes terrestres de la région Méditerranée (Figure 6). Au cours des siècles passés, ces écosystèmes ont dû s'adapter aux diverses fluctuations climatiques. Or, un réchauffement de 2°C ou plus au-dessus de la moyenne préindustrielle (avant l'utilisation des énergies fossiles) devrait générer des conditions climatiques que de nombreux écosystèmes terrestres méditerranéens n'ont jamais encore connu depuis 10 000 ans. Les déserts vont s'étendre au sud de l'Espagne et au Portugal, au nord du Maroc, de l'Algérie, de la Tunisie et de la Sicile, au sud de la Turquie et dans une partie de la Syrie[72].

Dans les régions sèches au sud et à l'est de la Méditerranée, les oasis sont également impactées par le changement climatique actuel, malgré leur potentiel à tolérer les différents stress abiotiques que l'on trouve en milieu aride. Les changements environnementaux sont exacerbés par la surexploitation des oasis et les fortes pressions anthropiques, ce qui affecte la croissance et le développement des palmiers dattiers[73].

Les forêts jouent un rôle important de puits de carbone, à savoir qu'elles absorbent plus de carbone qu'elles n'en émettent. Si la moyenne mondiale des températures reste comprise dans une plage de 2°C au-dessus de la moyenne préindustrielle, la plupart des forêts méditerranéennes devrait résister au réchauffement climatique (à l'exception de certains sites composés de conifères). Cependant, des températures plus élevées devraient réduire l'effet fertilisant du CO_2. En revanche, en l'absence d'une adaptation physiologique inattendue[74], une grande partie des forêts situées dans la partie l'ouest de la région Méditerranée restera vulnérable à la hausse de température de 2°C par rapport à la moyenne de la période préindustrielle. Ce changement entraînerait non seulement la perte de nombreuses ressources forestières mais aussi de la fonction de puits de carbone, notamment durant les années de sécheresse[75,76].

UN **RÉCHAUFFEMENT** DE **2°C** OU PLUS AU-DESSUS DE LA **MOYENNE PRÉ-INDUSTRIELLE** DEVRAIT GÉNÉRER DES CONDITIONS CLIMATIQUES QUE DE NOMBREUX **ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES MÉDITERRANÉENS** N'ONT JAMAIS ENCORE CONNU DEPUIS **10.000 ANS**

Les forêts méditerranéennes accueillent des espèces particulièrement vulnérables aux changements climatiques. On constate chez les chênes verts, l'espèce la plus répandue actuellement en Méditerranée, une baisse de productivité et une hausse du taux de mortalité et de défoliation (pertes de feuilles)[77]. Les chênes de Hongrie situés au sud de l'Italie présentent des signes de déclin depuis près de trois décennies[78]. Dans les régions arides et semi-arides, les sécheresses provoquent une hausse de la mortalité des essences forestières et entraînent une dégradation et une distribution spatiale réduite de tous les écosystèmes forestiers, notamment chez le cèdre de l'Atlas au Maroc[79] ou en Algérie[80].

De nombreuses plantes et animaux s'adaptent au changement climatique au niveau phénologique (moment des événements périodiques du cycle de vie tels que la floraison ou le déploiement des feuilles pour les plantes). Une avancée de la phénologie printanière d'environ 2,8 jours par décennie chez les plantes et les animaux vivant dans la plupart des écosystèmes de l'hémisphère nord a été observée ces dernières décennies et elle a été attribuée au changement climatique[81]. L'adaptation peut avoir des conséquences néfastes car il existe un risque de découplage des réponses des plantes face aux organismes avec lesquels elles interagissent, tels que les insectes pollinisateurs, ou encore un risque accru de dommages dus au gel au début du printemps[82].

Les forêts, les zones humides et les écosystèmes côtiers du bassin méditerranéen sont également affectés par les changements climatiques liés aux températures extrêmes et aux sécheresses[83,84]. Les périodes de sécheresse et les vagues de chaleur augmentent les risques d'incendie et entraînent une modification de la gestion des terres, causant ainsi des saisons de feux de forêt plus longues et des incendies potentiellement plus fréquents et plus graves[85,86,87]. Les incendies sont généralement le résultat d'une accumulation de combustibles durant la saison humide et de sécheresses accrues durant la saison sèche. Les méga-incendies déclenchés par ces évènements climatiques extrêmes, notamment lors de vagues de chaleur, ont battu des records de superficie incendiée dans certains pays méditerranéens ces dernières décennies[88,87] (Figure 7).

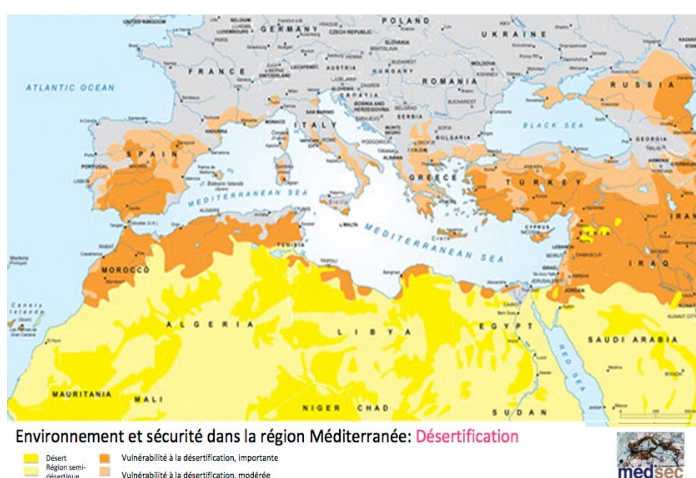


Figure 6
Vulnérabilité de la région Méditerranée à la désertification[71]



Figure 7
Paysage du Parc national des Calanques (sud de la France) après un important incendie en septembre 2016. Photo : Thierry Gauquelin (IMBE)

Écosystèmes marins

La mer Méditerranée est un point chaud de biodiversité. Elle héberge entre 4 et 18 % des espèces marines connues dans le monde, une statistique remarquable lorsque que l'on considère que la mer Méditerranée ne représente que 0,8 % de la surface des océans mondiaux[89]. Cette région est également un point chaud en termes de changements globaux[90]. L'augmentation de la température des eaux en Méditerranée provoque des changements au niveau de la composition et de l'abondance des espèces présentes dans la région. De manière générale, les espèces vivant en eaux froides deviennent moins abondantes ou disparaissent, tandis que les espèces vivant en eaux chaudes deviennent plus abondantes, ce qui provoque une homogénéisation du biote méditerranéen en faveur des espèces issues des eaux chaudes.

La plupart des espèces vivant dans les régions chaudes entrent en mer Méditerranée par la mer Rouge via le canal de Suez qui a récemment été élargi (on parle alors d'espèces lessepsiennes). D'autres espèces sont transportées accidentellement dans les eaux de ballast des navires. À ce jour, plus de 700 espèces de plantes et d'animaux marins non indigènes ont été identifiés en Méditerranée[91] et la plupart sont stimulées par les conditions climatiques chaudes[92,93]. Sur ces 700 espèces, plus de 600 ont des populations établies en mer Méditerranée[91].

Les espèces lessepsiennes représentent plus de 50 % des espèces non indigènes en Méditerranée (Figure 8). La Méditerranée orientale est la région où les effets environnementaux des espèces invasives sont les plus marqués. Certaines espèces invasives tropicales provoquent d'importantes perturbations dans les écosystèmes, comme le poisson-lapin qui dévaste les forêts d'algues[94].

De ce fait, la distribution spatiale de nombreuses espèces indigènes a changé. Du fait du réchauffement de la mer Méditerranée, les espèces vivant en eaux chaudes, comme la carangue coubali, le poisson-perroquet méditerranéen, la dorade coryphène, le baliste cabri et le barracuda, se déplacent vers le nord[93]. Ces dernières décennies, l'étendue et l'intensité des pullulations de méduses ont augmenté en raison de la hausse de la température de l'eau, notamment les pullulations de la méduse pélagique (appelée aussi piquer-mauve), un prédateur d'ichtyoplancton et de leurs proies zooplanctoniques[95]. Les herbiers marins (d'importants habitats marins jouant le rôle de puits de carbone) sont également vulnérables au réchauffement de l'eau de mer[96].

Les effets du changement climatique mondial sont particulièrement graves dans les régions où les zones de déplacement des espèces sont physiquement confinées, comme la mer Ligurienne qui est l'une des régions les plus froides de la Méditerranée[97]. On constate une substitution des espèces dans les grottes sous-marines en Méditerranée qui sont des biotopes confinés présentant une forte biodiversité spécifique. Les espèces endémiques de mysidacés vivant dans les eaux froides des grottes sous-marines sont remplacées par des espèces vivant dans des eaux plus chaudes[98] (Figure 9).

L'acidification des eaux en Méditerranée est un phénomène connu et il va perdurer dans les années à venir[25]. Ce phénomène a un impact négatif sur de nombreux organismes pélagiques et benthiques possédant le squelette ou la coquillage contenant du calcaire, comme les coraux, les moules, les ptéropodes, les éponges et les coccosphaerales[100,101,102,26]. Les effets peuvent être d'ordre biologique (par exemple, baisse du taux de survie des jeunes individus) ou bien écologique (par exemple, perte de biodiversité, changements de la biomasse et de la complexité trophique)[103]. Au niveau des communautés d'organismes, on rapporte des changements dans la composition et l'abondance des espèces qui passent d'ensembles dominés par des espèces calcifiantes à des espèces non carbonées (par exemple les macroalgues érigées) et ce, même en cas d'une baisse modérée du pH[104].

L'augmentation de la température de l'eau de mer entraîne également une hausse des évènements de mortalité de masse chez les coraux[105] (Figure 10) ainsi que chez les éponges ou les mollusques[106].

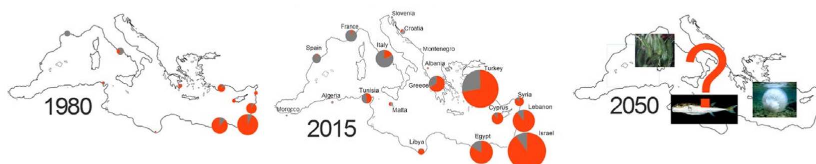


Figure 8
Espèces non indigènes (ENI) en mer Méditerranée ; la taille des diagrammes circulaires est proportionnelle au nombre d'ENI dans un pays ; la proportion des espèces lessepsiennes est indiquée en rouge[91].

Le blanchissement corallien est provoqué par l'élévation de la température car les coraux expulsent les algues vivant sur leurs tissus. Les évènements les plus dramatiques ont eu lieu en 1999 et en 2003. Depuis 1999, des évènements de mortalité de masse ont lieu presque chaque année et affectent plusieurs espèces[107]. Lorsqu'une récupération est possible, ce processus prend du temps et peut être freiné par les vagues de chaleur plus fréquentes ou l'augmentation de l'acidité.

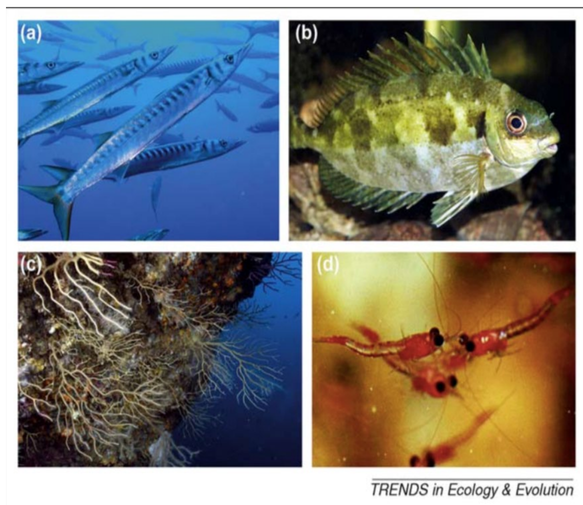


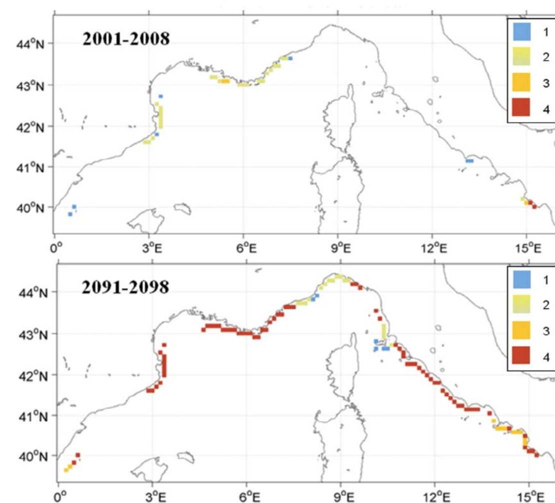
Figure 9

Exemples représentatifs d'espèces marines répondant aux effets du changement climatique en Méditerranée. (a) au cours des 30 dernières années, l'aire de distribution spatiale du barracuda a sensiblement augmenté, (b) le poisson-lapin algivore lessespien affecte les écosystèmes méditerranéens orientaux et étend sa distribution spatiale. Il a été identifié en 2008 dans le golfe du Lion (Carry-le-Rouet, France), (c) un paysage marin de gorgones mortes (gorgone pourpre) après l'anomalie thermique de 2003 au nord-ouest de la Méditerranée, (d) les mysidacés sont un parfait exemple de changement d'espèces lié au changement climatique. *Photos prises par T. Pérez (a), J.G. Harmelin (b) et R. Graille (c, d)*[99].

Dans tout écosystème, les espèces sont liées les unes aux autres via le réseau trophique. De ce fait, tout changement relatif à l'abondance d'une espèce peut avoir un impact important, voire irréversible, sur les autres espèces. Par exemple, le réchauffement de l'eau de mer provoquera un changement d'espèce dominante en faveur d'espèces plus petites (picophytoplancton et nanoflagellés) et une baisse de la population des diatomées. L'acidification entraînera une baisse de la biomasse d'organismes planctoniques calcifiants comme les coccosphaerales[109]. Le changement

Figure 10

Risque de mortalité de masse chez les gorgones pourpres au début (haut) et à la fin (bas) du XXI[e] siècle le long du littoral continental au nord du 39°N, dans la région nord-ouest de la mer Méditerranée. La plage de couleurs, allant de 1 à 4, correspond respectivement aux impacts subléthaux, modérés, élevés et extrême-ment léthaux[108].



de la composition planctonique provoquera une modification de l'abondance des organismes consommant directement du plancton, ce qui aura un impact sur tout le reste de la chaîne alimentaire. La production primaire (90% de la productivité des océans est assurée par le phytoplancton) est essentielle au maintien de la biodiversité et à la pêche[110]. La hausse de la température de l'eau entraine une augmentation du pourcentage des espèces de petite taille et de catégorie de jeune âge, ainsi que la réduction de la taille à un certain âge (règle de Bergmann). Par conséquent, en mer Méditerranée, le poids moyen maximum du poisson devrait baisser de 4 à 49 % entre 2000 et 2050 en raison du réchauffement de l'eau, de la diminution de l'oxygénation, et de la surpêche[111].

Le réchauffement de la surface de l'eau dans une mer Méditerranée relativement peu profonde pourrait réduire les échanges verticaux dans la colonne d'eau, ce qui devrait provoquer la formation de mucilages marins, de larges agrégats marins étant un habitat à la fois éphémère et extrême[112]. Plusieurs espèces d'algues constituent le principal composant de ces agrégats mucilagineux en Méditerranée. Ces agrégats mucilagineux représentent une menace pour les gorgones car ils s'enchevêtrent dans leur branches et provoquent leur mort[113].

EN **MER MÉDITERRANÉE,** LE POIDS MOYEN MAXIMUM DU POISSON DEVRAIT BAISSER DE **4** à **49%** ENTRE **2000** et **2050** EN RAISON DU **RÉCHAUFFEMENT** DE L'**EAU** DE LA **DIMINUTION** DE **L'OXYGÉNATION,** ET DE LA **SURPÊCHE.**

La distribution géographique et l'abondance de plusieurs espèces planctoniques toxiques (dinophytes) augmentent en fonction de la hausse de la température de l'eau en Méditerranée. Certaines espèces peuvent former des agrégats flottant à la surface de l'eau et libérer des aérosols marins qui entraînent des problèmes respiratoires et des irritations. Les évènements sanitaires de ce type les plus marquants ont eu lieu en Italie (2005-2006), en Espagne (2004), en Algérie (2009) et en France (2006-2009)[114]. L'introduction et la propagation de la bactérie pathogène vibrio qui provoque des maladies chez les gorgones et les étoiles de mer pourrait résulter du réchauffement climatique[115,116,117].

Écosystèmes côtiers

Du fait de leur positionnement particulier, situé entre terre et mer, les écosystèmes côtiers sont très vulnérables aux changements climatiques et environnementaux. Les activités humaines telles que l'urbanisation et le tourisme ont un impact important dans ces régions. La pollution aux produits chimiques affecte également ces écosystèmes : au total 101 « points chauds » (« hotspots ») de pollution ont été identifiés en Méditerranée. Ces « points chauds » sont généralement situés dans les golfes et les baies semi-fermés à proximité des grands ports, des grandes villes et des sites industriels[118]. Ces facteurs, associés aux changements climatiques et environnementaux, contribuent à l'érosion des côtes provoquée par l'élévation du niveau de la mer, les évènements climatiques extrêmes, le ralentissement de la sédimentation, l'infiltration d'eau de mer dans les aquifères côtiers et la dégradation de certains habitats (par exemple les dunes côtières, les falaises côtières et les terrasses marines). Les zones humides côtières, comme la Camargue (France), le delta du Nil (Égypte) et d'autres régions similaires, sont particulièrement affectées[119,120].

Les constructions en régions côtières, l'érosion des sols sablonneux et l'instabilité des plages ont des effets destructeurs sur la faune et la flore, et notamment sur les espèces endémiques (par exemple, le phoque moine et la tortue carette)[121].

Certaines espèces sont particulièrement menacées par l'élévation du niveau de la mer, comme l'algue rouge calcaire (Lithophyllum byssoides) qui forme des barrières algales hautement résistantes aux vagues et aux tempêtes. La bioconstruction de ces barrières n'est possible que si le niveau de la mer reste stable ou augmente légèrement. Aujourd'hui, ces barrières algales menacent d'être submergées. Si l'élévation du niveau de la mer continue à prendre de l'ampleur, les barrières sont condamnées à disparaître[122].

La production primaire de certaines zones côtières pourrait être impactée par la réduction des rejets d'eau douce des rivières[123].

Écosystèmes et zones humides d'eau douce

Les écosystèmes d'eau douces et les zones humides intérieures en Méditerranée sont affectés par la baisse des niveaux d'eau et la dégradation de la qualité de l'eau[124]. Le changement climatique entraîne des risques d'inondation et une variabilité des flux d'eau. Par conséquent, de barrages et de digues sont construites, ce qui impacte les écosystèmes d'eau douce[125]. En raison du changement climatique, le biote des courants d'eau en Méditerranée se déplace plus au nord et/ou vers des altitudes plus élevées et la composition des communautés d'organismes change, causant généralement une homogénéisation des populations et une perte de biodiversité. Les espèces à faible espérance de vie et de petite taille qui survivent mieux face aux faibles flux d'eau et aux saisons sèches semblent présenter une meilleure résistance que les autres espèces[126]. Les zones humides intérieures sont particulièrement vulnérables au changement climatique, mais aussi aux activités humaines[28] qui modifient les régimes d'inondation et affectent le taux vital, l'abondance et la distribution des espèces dépendant des zones humides. Les zones humides situées dans des environnement secs sont des « points chauds » de biodiversité et de productivité et leurs écosystèmes risquent de disparaître si les ruissellements diminuent et si ces zones s'assèchent[119].

Santé humaine

Les changements environnementaux, notamment climatiques, ont des effets directs et indirects sur la santé humaine. Les effets directs comprennent ceux liés aux températures élevées, à l'augmentation du rayonnement UV, aux sécheresses et aux autres évènements climatiques extrêmes comme les tempêtes et les crues. Des maladies et des décès liés à la chaleur peuvent survenir lorsque la température ambiante élevée (associée à une forte humidité relative) ne permet plus au corps de dissiper naturellement la chaleur. Par exemple, une récente étude menée à Barcelone (Espagne) a révélé un risque de mortalité accru associé à des causes naturelles, respiratoires et cardiovasculaires durant les nuits où la température reste supérieure à 23°C[127]. En général, les personnes âgées, les enfants et les personnes atteintes de maladies chroniques préexistantes (c'est-à-dire des maladies respiratoires et cardiovasculaires, le diabète) sont les plus affecté[s128,129]. À Athènes en Grèce, la population âgée de plus de 65 ans et exposée à des hautes et très hautes températures connaît un taux de mortalité accru[130]. Durant la canicule de l'été 2003 en France, le taux de mortalité liée à la vague de chaleur a été particulièrement élevé chez les personnes âgées[131]. De récentes études suggèrent que les violences domestiques envers les femmes augmentent lorsque les températures sont extrêmement élevées[132].

Même si une grande partie de la population méditerranéenne est habituée aux températures élevées, une augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur, ou un changement de saisonnalité, expose les populations vulnérables à d'importants risques de santé, notamment les populations pauvres vivant dans des conditions précaires et ayant un accès limité aux espaces climatisés[133]. La mesure dans laquelle les taux de morbidité et de mortalité liés à la chaleur augmenteront au cours des prochaines décennies dépend donc de la capacité d'adaptation des populations méditerranéennes, de la capacité de l'environnement urbain à réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain, de la mise en œuvre de programmes de sensibilisation du public et du niveau de préparation du système de santé[134]. L'augmentation de l'espérance de vie de la population signifie que la protection de la santé des personnes âgées va devenir un enjeu majeur pour tous les pays méditerranéens exposées à des vagues de chaleur.

Ces dernières années, plusieurs foyers de différentes maladies à transmission vectorielle ont été documentés en région Méditerranée. Le changement climatique favorise le potentiel de transmission de ces maladies puisque les dynamiques de cycle de vie des espèces vecteur de maladies, des organismes pathogènes et des espèces réservoirs sont toutes sensibles aux conditions climatiques. Nous pouvons dire avec certitude que le réchauffement climatique ainsi que l'augmentation de la fréquence des évènements climatiques extrêmes, comme les inondations[135,136], contribueront au potentiel de transmission vectorielle ou hydrique des maladies dans la région. Ces dernières années, plusieurs cas de dengue ont été signalés en Croatie, en France, en Grèce, en Italie, à Malte, au Portugal et en Espagne. Même si la plupart des cas ont probablement été importés, en 2010 des cas de transmission locale de la dengue ont été signalés en Croatie et en France. Durant l'été chaud de 2017, des foyers de chikungunya ont également été signalés en France et en Italie[137]. Cependant, il est difficile de prédire les conséquences du changement climatique sur la gravité et la distribution des maladies infectieuses, particulièrement pour les maladies à transmission vectorielle car les interactions entre les hôtes, les pathogènes et les vecteurs ou les hôtes intermédiaires sont complexes [138]. De fait du changement climatique, les régions présentant un fort potentiel infectieux du virus du Nil occidental risquent de s'étendre et d'inclure à terme la plupart des pays méditerranéens[139,140].

Les effets indirects sur la santé sont liés à la dégradation de la qualité de l'air, des sols et de l'eau qui impacte la production et la qualité alimentaire ainsi que d'autres aspects socio-culturels[141]. La concentration des gaz et des particules dans l'air augmente en raison de la désertification et des feux de forêt provoqués par le changement climatique[142], mais aussi à cause des activités humaines directes, notamment dans les grandes villes. La dégradation de la qualité de l'air impacte également le changement climatique puisque les nombreux polluants atmosphériques sont aussi des gaz à effet de serre[143] ou sont produits en grandes quantités lorsque la température augmente (par exemple, l'ozone).

D'autres facteurs sanitaires comprennent les modifications induites par le changement climatique sur la distribution géographique de certaines espèces, le rallongement de la saison de pollinisation et la production accrue de pollens et d'allergènes de source pollinique[144]. L'infiltration

d'eau de mer dans les eaux souterraines provoquée par l'élévation du niveau de la mer[40] peut priver d'eau potable une partie de la population, ce qui aurait des conséquences sanitaires graves. Les inondations sont source de blessures corporelles, d'infections entériques, d'allergies et d'asthme et accentuent les problèmes de santé mentale et les contaminations potentielles aux produits chimiques[142,145]. Les activités humaines, comme le transport de marchandises, d'animaux et de personnes, la disparition des zones humides naturelles, la planification côtière et la construction de retenues d'eau sur les grands fleuves méditerranéens peuvent favoriser le cycle de transmission naturel des agents infectieux[146,147].

En Méditerranée, la santé humaine est largement conditionnée par les tendances sociétales et les situations politiques. Dans certains pays ou régions, les mauvaises conditions sanitaires entraînent des risques de consommation d'aliments ou d'eau potable contaminés (par exemple dans les pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord où sévissent des conflits). L'urbanisation et l'augmentation de la densité de population dans les régions côtières contribuent à la pollution de l'air et augmentent les risques de transmission des maladies infectieuses. L'instabilité sociale et les conflits politiques provoquent des flux migratoires qui favorisent la transmission de maladies[148].

Sécurité humaine

Les changements climatiques et environnementaux ainsi que les instabilités sociales, économiques et politiques menacent la sécurité humaine de diverses manières. En région Méditerranée, près de 40 % du littoral est bâti[119]. Un tiers de la population (soit environ 150 millions de personnes) vit près de la mer et les infrastructures sont généralement à proximité immédiate du niveau moyen de la mer en raison des ondes de tempête limitées et de la faible amplitude des marées[149]. Par conséquent, l'élévation du niveau de la mer, les ondes de tempête, les crues, l'érosion et les subsidences locales affectent les ports, les villes portuaires, les infrastructures côtières ainsi que les zones humides et les plages de la région Méditerranée[150,151] (Figure 11). Environ 15 métropoles (villes portuaires d'une population supérieure à 1 million d'habitants en 2005) sont menacées par des risques de crues en raison de l'élévation du niveau de la mer, sauf si d'autres mesures d'adaptation sont mises en œuvre,[153]. D'ici 2050, en prenant en compte les scénarios bas d'élévation du niveau de la mer et les mesures d'adaptation actuelles, les villes méditerranéennes constitueront la moitié des 20 villes au monde ayant la plus forte augmentation de dégâts annuels moyens[153]. Pour des raisons socio-économiques, la capacité d'adaptation des régions méridionales et orientales de la Méditerranée est généralement inférieure à celles des régions septentrionales, ce qui les rend particulièrement vulnérables à ces impacts côtiers[154]. Les régions exposées aux risques les plus extrêmes sont principalement situées au sud et à l'est de la Méditerranée (le Maroc, l'Algérie, la Lybie, l'Égypte, la Palestine et la Syrie)[155]. Dans les pays de l'Afrique du Nord, une élévation de 1 m du niveau de la mer pourrait affecter environ 37 millions d'habitants (~11 %)[156] répartis sur un territoire d'environ 41 500 km^2.

L'évaluation des sites inscrits sur la liste du patrimoine mondial de l'Unesco situés dans les zones côtières de la Méditerranée et exposés à des risques de crue et d'érosion suite à une élévation du niveau de la mer indique que sur les 49 sites culturels situés dans les zones côtières basses de la Méditerranée, 37 sont exposés à un risque de crue centennale (une crue qui a 1 chance sur 100 de survenir chaque année) et 42 à un risque d'érosion côtière dès aujourd'hui. D'ici 2100, le risque de crue peut augmenter de 50 % et le risque d'érosion de 13 % dans toute la région[160].

Une autre conséquence du changement climatique et des activités humaines menaçant la sécurité humaine est la salinisation des ressources en eaux souterraines[158]. En Égypte, environ 30 % des exploitations agricoles irriguées sont affectées par les infiltrations d'eau de mer[159].

Plus loin des côtes, certaines régions de la Méditerranée sont régulièrement touchées par des crues soudaines résultant de fortes pluies localisées et de courte durée dans des petits bassins versants, la plupart se trouvant dans des zones densément peuplées[119]. Les risques de crue associés aux précipitations d'une extrême

ENVIRON **15 MÉTROPOLES** SONT MENACÉES PAR DES RISQUES DE **CRUES** EN RAISON D'**ÉLÉVATION DU NIVEAU DE LA MER**, SAUF SI D'AUTRES MESURES D'ADAPTATION SONT MISES EN ŒUVRE

intensité vont augmenter en raison du changement climatique dans ces régions mais également à cause de facteurs non climatiques comme les surfaces de plus en plus imperméables des zones urbaines et les réseaux de gestion des eaux pluviales mal adaptés[161]. À l'est de la péninsule ibérique, on observe une augmentation des fortes précipitations convectives concentrées sur des périodes plus courtes, ce qui est consistent avec les effets attendus du changement climatique[162,163]. L'intensité mais aussi la saison des crues changent. Elles interviennent jusqu'à 14 jours plus tôt chaque décennie au nord de l'Italie, dans le sud de la France et à l'est de la Grèce et un jour plus tard chaque décennie au niveau des côtes nord-ouest de l'Adriatique, à l'est de l'Espagne, au sud de l'Italie et en Grèce[164].

L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des incendies liée au réchauffement climatique et aux modifications de la gestion des sols, notamment en périphérie des zones habitées[87], représente également un risque de sécurité important pour les populations vivant en région Méditerranée.

Concernant l'instabilité sociale, les conflits et les flux migratoires, la sécurité humaine du pourtour méditerranéen dépend grandement des conditions socio-politiques mais aussi des changements environnementaux. De façon générale, le changement climatique provoque une baisse des ressources naturelles et économiques disponibles et contribue donc au durcissement des conflits. Les révoltes en Syrie qui ont débuté en mars 2011 sont le fruit de plusieurs facteurs complexes étroitement liés[165,166]. Bien que les conflits armés soient principalement liés au changement de régime politique, il est possible que la révolte ait été déclenchée par des facteurs socio-économiques, religieux et politiques entraînant l'effondrement de l'économie rurale syrienne et accentuant ainsi les écarts entre le développement urbain et rural, le chômage et l'augmentation de la population en état de pauvreté[167]. L'hypothèse selon laquelle le climat aurait joué un rôle important a été fermement contestée. Même si le lien de causalité ne peut pas être directement établi, certains pensent que les récentes sécheresses ont joué un rôle important dans son déclenchement, ces sécheresses comptant parmi les plus longues et les plus graves de ces 900 dernières années[168].

D'ici **2100**
LE RISQUE
DE **CRUE** PEUT **AUGMENTER**
DE **50%** ET LE RISQUE
D'ÉROSION DE **13%**
DANS TOUTE LA RÉGION.

Outre la situation en Syrie, les changements environnementaux et sociopolitiques sont connus pour être aujourd'hui une source de migrations humaines forcées vers des régions plus stables partout dans le monde[169].

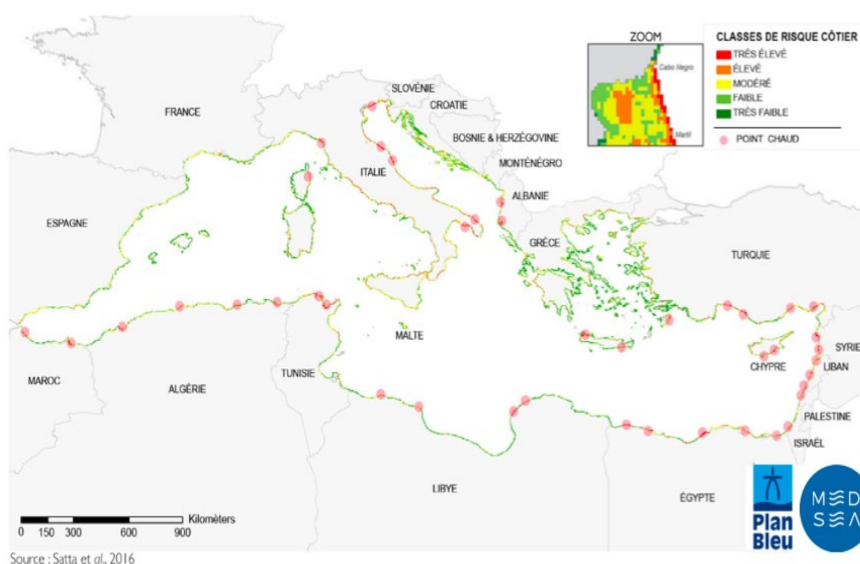


Figure 11
Risques côtiers en Méditerranée[15]

MedECC : vers une interface science-politique en Méditerranée

Cette analyse préliminaire a révélé que d'importants risques sont associés aux changements climatiques et environnementaux dans le bassin méditerranéen[6]. Nombreux sont ceux qui s'accordent à dire que les enjeux associés à l'atténuation des changements environnementaux et à l'adaptation aux impacts qui ne peuvent être évités sont une priorité pour les décideurs des secteurs publics et privés concernés par l'avenir de la région Méditerranée. Les réponses politiques au changement climatique doivent se fonder sur des preuves scientifiques.

De nombreuses connaissances scientifiques sont aujourd'hui disponibles et les efforts de recherche se sont intensifiés ces dernières années par le biais de différentes études et de grands projets collaboratifs (MISTRALS, MedCLIVAR, CIRCE ou Med-Cordex). Cependant, les décideurs ne peuvent pas toujours accéder aisément aux résultats de ces recherches scientifiques. Il serait donc très utile de disposer d'une synthèse détaillée et d'une évaluation des récentes tendances, mais aussi des possibles développements futurs et des conséquences des changements environnementaux sur les écosystèmes naturels, l'économie et le bien-être humain. Les évaluations existantes couvrent uniquement une partie de la région, car la Méditerranée est entourée par trois continents traités dans les chapitres séparés (par exemple les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, ou GIEC et la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques ou IPBES) ou seulement certains thèmes (par exemple la variabilité du climat). Les efforts en matière des activités de recherche, des données de suivi et des informations générées concernant le changement climatique et les évolutions du climat ne sont pas assez coordonnés. Par ailleurs, les importants efforts de recherche actuels omettent de couvrir de larges portions de la région. Des parties da la région et des secteurs économiques les plus vulnérables ne font pas l'objet d'efforts de recherche suffisants, notamment au sud et à l'est de la Méditerranée.

Des cadres politiques régionaux existent pour ces enjeux. Le Plan d'action pour la Méditerranée (PAM), créé sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), a été adopté en 1975, il y a 40 ans, pour offrir un cadre institutionnel de coopération pour répondre aux problèmes communs de dégradation de l'environnement marin. Dans ce cadre, la Convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée (Convention de Barcelone) et ses sept protocoles rassemblent les 21 pays riverains de la Méditerranée et l'Union européenne en tant que Parties contractantes à la Convention de Barcelone. Le système PAM-Convention de Barcelone est un ensemble d'instruments, de politiques et de plans d'actions juridiquement contraignant permettant de répondre aux enjeux et problèmes communs de dégradation et de protection des écosystèmes marins et côtiers de la mer Méditerranée.

En février 2016, la 19ème Réunion ordinaire des Parties Contractantes à la Convention de Barcelone (COP19) a adopté la Stratégie méditerranéenne de développement durable (SMDD) 2016-2025 comme document d'orientation stratégique pour toutes les parties prenantes et les partenaires permettant de décliner le Programme de développement durable à l'horizon 2030 aux niveaux régional, sous-régional et national. La SMDD fournit un cadre politique intégratif pour assurer un futur durable à la Région Méditerranée, conforme aux Objectifs de Développement Durable (ODD). Elle identifie le changement climatique comme un enjeu prioritaire pour le développement socio-économique et la durabilité environnementale de la Méditerranée et appelle à la consolidation des connaissances scientifiques, à une sensibilisation et au renforcement des capacités techniques pour faire de la Méditerranée une région verte, peu carbonée et résistante au changement climatique. L'initiative phare de l'Objectif 4 (Aborder le changement climatique en tant que question prioritaire pour la Méditerranée) recommande « la mise en place d'un mécanisme régional d'interface « sciences-décision [...] afin de préparer des évaluations et orientations scientifiques régionales, sur les

tendances, les impacts et les options d'adaptation et d'atténuation du changement ». Le MedECC contribue directement à cette initiative phare de la SMDD. La Commission méditerranéenne de développement durable (CMDD) est un organe consultatif qui accompagne les Parties contractantes de la Convention de Barcelone à l'intégration des enjeux environnementaux à leurs programmes socioéconomiques et à la promotion des politiques de développement durable en région Méditerranée. Lieu de partage des bonnes pratiques et forum de discussions, la CMDD est unique, dans le sens où elle permet de réunir sur un pied d'égalité des représentants des pouvoirs publics nationaux et des autorités locales, des acteurs socioéconomiques, la société civile, des ONG, des organisations intergouvernementales, la communauté scientifique et des parlementaires. La CMDD est une structure majeure au sein du système PAM-Convention de Barcelone permettant de soutenir le développement, la mise en œuvre et le suivi de la SMDD. Plan Bleu est le Centre d'activités régionales du PNUE/PAM responsable des activités visant à soutenir la mise en œuvre et le suivi de la SMDD.

Le besoin d'interfaces sciences-politique solides en Méditerranée a également été mentionné dans le Programme-cadre régional d'adaptation au changement climatique pour les zones marines et côtières de la Méditerranée (PNUE/PAM), approuvé en 2016 par les Parties contractantes de la Convention de Barcelone.

L'Union pour la Méditerranée (UpM) est une organisation euro-méditerranéenne intergouvernementale réunissant les 28 pays de l'Union européenne et les 15 pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée. L'UpM a pour mission de renforcer la coopération et le dialogue régional et de promouvoir la mise en œuvre de projets régionaux concrets ayant un impact direct sur nos citoyens autour de trois priorités stratégiques : le développement humain, la stabilité et l'intégration. Le Groupe d'experts sur le changement climatique de l'UpM a été créé lors de la première réunion ministérielle de l'UpM sur l'environnement et le changement climatique à Athènes en mai 2014. Durant cette réunion, les ministres ont reconnu l'urgence de réduire l'impact du changement climatique en région méditerranéenne et d'adopter des modèles de consommation et de production durables, afin de mettre en place une économie environnementale à faibles émissions. Le rôle de ce groupe de spécialistes est de faire avancer la réflexion sur les actions prioritaires en matière de changement climatique et d'accélérer l'identification et le développement de projets et d'initiatives concrets. Lors de la réunion ministérielle d'Athènes, les participants ont souligné la nécessité d'évaluer la vulnérabilité de la région Méditerranée face aux impacts du changement climatique.

Dans la déclaration des ministres chargés de l'eau de l'UpM publiée en avril 2017, il a été établi que le changement climatique exacerbe les pressions sur les ressources en eau, déjà limitées en région Méditerranée. L'importance d'une coopération régionale en soutien à la valorisation et au partage des connaissances existantes a été soulignée.

Le réseau d'experts méditerranéens sur le changement climatique et environnemental (MedECC)

Le réseau d'experts méditerranéens sur le changement climatique et environnemental (MedECC) a été créé lors d'un évènement en marge de la conférence « Our Common Future under Climate Change » (CFCC) qui a eu lieu en juillet 2015 à Paris. Le MedECC est un réseau ouvert et indépendant regroupant plus de 600 scientifiques travaillant à la création d'une interface régionale sciences-politique concernant les changements climatiques et environnementaux en Méditerranée.

Les travaux du MedECC s'appuient sur les normes scientifiques les plus strictes ainsi que sur la participation des experts de toutes les régions et de toutes les disciplines scientifiques requises. Il s'inspire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) qui a pour but de fournir aux pays du monde une analyse objective et scientifiquement fondée du changement climatique et de ses impacts politiques et économiques. Les deux coordinateurs du MedECC sont les principaux auteurs du Rapport spécial du GIEC sur le réchauffement de 1,5°C publié en octobre 2018. Plusieurs auteurs et coordinateurs du MedECC sont également les auteurs du 6ème rapport du GIEC qui sera publié prochainement. Un chapitre du 6ème rapport du GIEC portant sur le bassin méditerranéen sera coordonné par l'un des coordinateurs du MedECC et s'appuiera donc sur les travaux et les conclusions du MedECC.

Les interactions entre le MedECC, les décideurs et les parties prenantes sont définies à l'aide d'une interface sciences- politique pertinente. Suite à l'adoption du programme de travail 2017-2022 du

Groupe d'experts sur le changement climatique de l'UpM, ses États membres ont accepté de s'appuyer sur les travaux du MedECC pour évaluer les impacts climatiques et environnementaux en Méditerranée. Compte tenu de la nature pluridisciplinaire du MedECC et de sa forte dimension environnementale, les éventuelles contributions de l'UpM aux activités du MedECC seront réalisées de façon inclusive avec la participation des représentants des États membres de l'UpM en matière de l'environnement et du changement climatique, en coordination avec les structures UpM concernées.

Des synergies avec d'autres structures d'échanges sur les politiques sont créées notamment grâce au système PAM-Convention de Barcelone via la CMDD et les Points focaux du Plan Bleu. Le programme de travail du PAM et le budget pour 2018-2019 (adoptés lors de la COP20 à Tirana en décembre 2017) incluent des activités spécifiques permettant la consolidation de l'interface sciences-politique, tout en facilitant la collaboration avec les institutions scientifiques mondiales et régionales et les plateformes de partage des connaissances, notamment le MedECC.

Le secrétariat de l'UpM a signé un accord avec le Centre d'activités régionales Plan Bleu (PNUE/PAM) dans le but d'assister conjointement les travaux du MedECC. Le secrétariat du MedECC est financé par l'Agence suédoise de développement et de coopération Internationale (SIDA) par le biais de l'UpM. Il est basé dans les bureaux du Plan Bleu à Marseille en France.

Les objectifs du MedECC sont les suivants

- Mettre à jour et consolider les meilleures connaissances scientifiques sur les changements climatiques et environnementaux du bassin méditerranéen et les mettre à disposition des décideurs, des principales parties prenantes et du grand public afin de faciliter leur appropriation

- Rassembler la communauté scientifique qui étudie le changement climatique du bassin méditerranéen

- Contribuer aux futurs rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), IPBES (Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques) ou autres évaluations connexes dans le bassin méditerranéen

- Combler le fossé entre la recherche et la prise de décision en contribuant à l'amélioration des politiques à tous les niveaux

- Identifier les actuelles lacunes en matière de recherche sur le changement climatique et ses impacts en région Méditerranée

- Renforcer les capacités de la communauté scientifique des pays au Sud et à l'Est de la Méditerranée.

Le MedECC œuvre autour de deux axes complémentaires

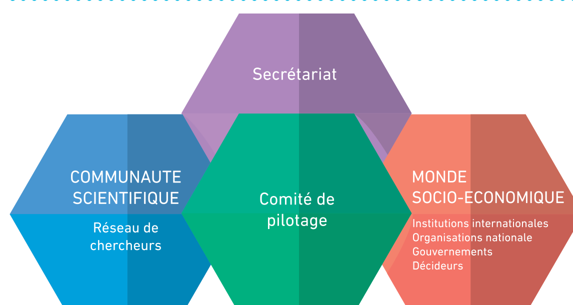
- La publication d'évaluations et de synthèses scientifiques solides sur les changements climatiques et environnementaux ainsi que leurs impacts sur le bassin méditerranéen, basées sur les résultats de recherche publiés ;

- La création d'une interface sciences-politique régionale adaptée sur les changements climatiques et environnementaux et leurs impacts dans la région Méditerranée.

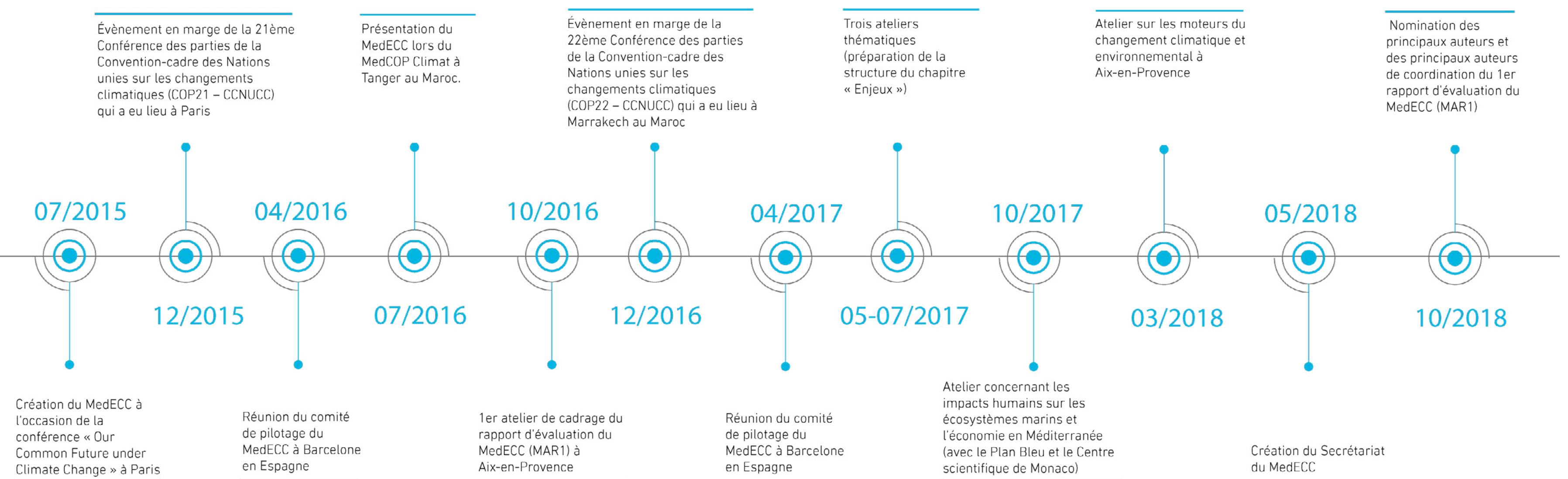
1er rapport d'évaluation du MedECC (MAR1)

La publication du 1er rapport du MedECC sur l'état et les risques des changements climatiques et environnementaux en Méditerranée est prévue pour début 2020. Ce rapport évaluera les moteurs des changements climatiques et environnementaux, les enjeux associés pour les principaux secteurs, notamment l'eau, l'alimentation, l'énergie, les écosystèmes, les services écosystémiques, le développement, la santé et la sécurité humaine. Le rapport présentera également les bonnes pratiques en matière d'adaptation et d'atténuation pour optimiser la résilience. Le résumé du rapport pour les décideurs fera l'objet de discussions en vue de sa validation par les décideurs.

Structure du MedECC



Historique du MedECC



Le MedECC a également été présenté lors de plusieurs évènements scientifiques et publics.

Article fondateur de MedECC

Plusieurs scientifiques représentant le réseau MedECC ont récemment publié la première synthèse des différents changements environnementaux qui ont des effets sur la vie des personnes vivant dans tout le bassin méditerranéen:

REVIEW ARTICLE
https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2
nature climate change

Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean

Wolfgang Cramer[1*], Joël Guiot[2], Marianela Fader[3], Joaquim Garrabou[4,5], Jean-Pierre Gattuso[6,7], Ana Iglesias[8], Manfred A. Lange[9], Piero Lionello[10,11], Maria Carmen Llasat[12], Shlomit Paz[13], Josep Peñuelas[14,15], Maria Snoussi[16], Andrea Toreti[17], Michael N. Tsimplis[18] and Elena Xoplaki[19]

Recent accelerated climate change has exacerbated existing environmental problems in the Mediterranean Basin that are caused by the combination of changes in land use, increasing pollution and declining biodiversity. For five broad and interconnected impact domains (water, ecosystems, food, health and security), current change and future scenarios consistently point to significant and increasing risks during the coming decades. Policies for the sustainable development of Mediterranean countries need to mitigate these risks and consider adaptation options, but currently lack adequate information — particularly for the most vulnerable southern Mediterranean societies, where fewer systematic observations schemes and impact models are based. A dedicated effort to synthesize existing scientific knowledge across disciplines is underway and aims to provide a better understanding of the combined risks posed.

Interfaces locales sciences-politique en Méditerranée

Certaines initiatives locales soutiennent une interface sciences-politique sur le changement climatique. Le Groupe régional d'experts sur le climat dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (GREC-SUD) cherche à centraliser, transcrire et partager les connaissances scientifiques sur le climat et le changement climatique dans la région. L'objectif prioritaire du groupe est d'informer les décideurs (élus locaux, autorités locales) du territoire de façon à prendre en compte les résultats scientifiques dans les politiques publiques. Sept livrets thématiques sur le changement climatique dans la région ont été publiés à ce jour.

Le Conseil consultatif pour le développement durable de la Catalogne (CADS) est un organe consultatif du gouvernement catalan qui a pour objectif principal d'assurer un rôle d'interface efficace et concluant entre la communauté scientifique, les décideurs et les parties prenantes. Depuis 2005, le CADS est chargé de rédiger le Rapport régulier sur le changement climatique en Catalogne. Le plus récent a été publié en septembre 2016. 150 experts et plus de 40 relecteurs ont participé à sa rédaction.

Références

La liste complète des références est disponible dans l'annexe en ligne du site MedECC :

http://www.medecc.org

Auteurs du rapport

Le présent document a été rédigé par W. Cramer (IMBE, CNRS ; MedECC), J. Guiot (CEREGE, CNRS ; MedECC) et K. Marini (MedECC). Il s'appuie principalement sur :

Cramer W, Guiot J, Fader M, Garrabou J, Gattuso J-P, Iglesias A, Lange MA, Lionello P, Llasat MC, Paz S, Peñuelas J, Snoussi M, Toreti A, Tsimplis MN, Xoplaki E (2018) Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nature Climate Change 8, 972-980, doi: 10.1038/s41558-018-0299-2

Le rapport inclut également les conclusions des discussions des scientifiques du MedECC lors des ateliers et des réunions qui ont eu lieu depuis 2016. Le rapport a été préparé en collaboration avec Arnault Graves (Secrétariat de l'UpM) et Elen Lemaître-Curri (Plan Bleu, Centre d'activités régionales du PNUE/PAM).

Ce document fait également partie d'une contribution du MedECC au rapport de 2019 sur l'État de l'environnement et du développement en Méditerranée (SoED 2019), préparé par le PNUE-PAM et des partenaires clés, à la demande des pays riverains de la Méditerranée et de l'Union européenne. En collaboration avec le Plan Bleu, le MedECC a co-écrit le chapitre « Changement climatique » du rapport SoED 2019.

Coordinateurs MedECC: Dr Wolfgang Cramer (CNRS, France), Dr Joël Guiot (CNRS, France)

Secrétariat MedECC: Dr Katarzyna Marini

Contact: marini@medecc.org



Institutions partenaires



Union for the Mediterranean
Union pour la Méditerranée
الإتحاد من أجل المتوسط

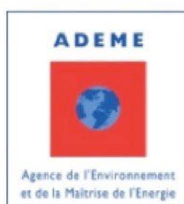


Sweden
Sverige





















Generalitat de Catalunya
Consell Assessor
per al Desenvolupament Sostenible





MÉTROPOLE
AIX-MARSEILLE
PROVENCE



Le présent document a été rédigé grâce au financement de l'Agence suédoise de développement et coopération Internationale (SIDA). Les points de vue et opinions exprimés dans le présent document ne reflètent pas nécessairement ceux du gouvernement suédois.

Les informations et les opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs et ne peuvent en aucun cas être interprétées comme étant la position officielle des institutions qui les soutiennent. Ni les institutions partenaires, ni aucune personne les représentant ne peuvent être tenues pour responsables de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans le présent document.

Les institutions partenaires ne garantissent pas l'exactitude des informations contenues dans le présent document et ne sauraient être tenues responsables de l'utilisation faites de celles-ci. Toute mention de produits, spécifications, processus ou services par leur nom commercial, nom de marque, fabriquant ou autre ne saurait constituer ou sous-entendre implicitement leur approbation, recommandation ou préférence par les institutions partenaires.

La reproduction du présent document est autorisée à condition de mentionner la source.

Annexe

1. Grasso M, Feola G (2012) Mediterranean agriculture under climate change: adaptive capacity, adaptation, and ethics. Regional Environmental Change, 12(3), 607-618

2. World Bank 2018, https://data.worldbank.org/region/middle-east-and-north-africa, accessed November 19, 2018

3. Kuglitsch FG et al. (2010) Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. Geophysical Research Letters, 37(4), L04802

4. Jacob D et al. (2014) EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. Regional Environmental Change, 14(2), 563-578

5. Baccini M et al. (2011) Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. Journal of Epidemiology and Community Health, 65, 64-70

6. Cramer W et al. (2018) Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nature Climate Change, 8, 972-980

7. IPCC (2013) Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh GJ et al. (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker TF et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

8. Saadi S et al. (2015) Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. Agricultural Water Management, 147, 103-115

9. Vicente-Serrano SM et al. (2014) Evidence of increasing drought severity caused by temperature rise in southern Europe. Environmental Research Letters, 9(4), 044001

10. Vautard R et al. (2014) The European climate under a 2°C global warming. Environmental Research Letters, 9(3), 034006

11. Forzieri G et al. (2014) Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. Hydrology and Earth System Sciences, 18, 85-108

12. Lionello P, Scarascia L (2018) The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. Regional Environmental Change, 18, 1481-1493

13. Schleussner CF et al. (2016) Differential climate impacts for policy-relevant limits to global warming: the case of 1.5 °C and 2 °C. Earth System Dynamics, 7, 327-351

14. Toreti A et al. (2013) Projections of global changes in precipitation extremes from Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 models. Geophysical Research Letters, 40, 4887-4892

15. Toreti A, Naveau P (2015) On the evaluation of climate model simulated precipitation extremes. Environmental Research Letters, 10, 014012

16. Nykjaer L (2009) Mediterranean Sea surface warming 1985-2006. Climate Research, 39, 11-17

17. Adloff F et al. (2015) Mediterranean Sea response to climate change in an ensemble of twenty first century scenarios. Climate Dynamics, 45(9-10), 2775-2802

18. Calafat FM, Gomis D (2009) Reconstruction of Mediterranean sea level fields for the period 1945-2000. Global and Planetary Change, 66(3-4), 225-234

19. Meyssignac B et al. (2010) Two-dimensional reconstruction of the Mediterranean sea level over 1970– 2006 from tide gage data and regional ocean circulation model outputs. Global and Planetary Change, 77(1-2), 49-61

20. Tsimplis MN et al. (2013) The effect of the NAO on sea level and on mass changes in the Mediterranean Sea. Journal of Geophysical Research: Oceans, 118, 944-952

21. Aucelli PPC et al. (2017) Coastal inundation risk assessment due to subsidence and sea level rise in a Mediterranean alluvial plain (Volturno coastal plain–southern Italy). Estuarine, Coastal and Shelf Sciences, 198, Part B, 597-609

22. Enríquez AR, Marcos M, Álvarez-Ellacuría A, Orfila A, Gomis D (2017) Changes in beach shoreline due to sea level rise and waves under climate change scenarios: application to the Balearic Islands (western Mediterranean). Natural Hazards and Earth System Sciences, 17, 1075-1089

23. Sabine CL et al. (2004) The oceanic sink for anthropogenic CO2. Science 305, 367-71

24. Magnan AK, et al. (2016) Implications of the Paris agreement for the ocean. Nature Climate Change, 6, 732-735

25. Kapsenberg L, Alliouane S, Gazeau F, Mousseau L, Gattuso JP (2017) Coastal ocean acidification and increasing total alkalinity in the northwestern Mediterranean Sea. Ocean Science, 13, 411-426

26. Meier KJS, Beaufort L, Heussner S, Ziveri P (2014) The role of ocean acidification in Emiliania huxleyi coccolith thinning in the Mediterranean Sea. Biogeosciences, 11, 2857-2869

27. Oppenheimer M et al. (2014) Emergent risks and key vulnerabilities. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation,

and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1039-1099

28. 28. Cisneros JBE et al. (2014) Freshwater resources. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 229-269

29. Gudmundsson L, Seneviratne SI (2016) Anthropogenic climate change affects meteorological drought in Europe. Environmental Research Letters, 11(4), 044005

30. Gudmundsson L, Seneviratne SI, Zhang X (2017) Anthropogenic climate change detected in European renewable freshwater resources. Nature Climate Change, 7(11), 813-816

31. Kovats RS et al. (2014) Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros VR et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326

32. 32. Tsanis IK, Koutroulis AG, Daliakopoulos IN, Jacob D (2011) Severe climate-induced water shortage and extremes in Crete. Climatic Change, 106(4), 667-677

33. 33. UNEP/MAP (2013) State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment, UNEP/MAP - Barcelona Convention, Athens

34. 34. Ludwig W, Bouwman AF, Dumont F, Lespinas F (2010) Water and nutrient fluxes from major Mediterranean and Black Sea rivers: Past and future trends and their implications for the basin- scale budgets. Global Biogeochemical Cycles, 24(4), GB0A13

35. 35. Plan Bleu (2010) Sea Water Desalination: To What Extent is it a Freshwater Solution in the Mediterranean? 4 p. Valbonne

36. 36. Bucak T et al. (2017) Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. Science of the Total Environment, 581-582, 413-425

37. 37. Gonçalvès J, Petersen J, Deschamps P, Hamelin B, Baba-Sy O (2013) Quantifying the modern recharge of the "fossil" Sahara aquifers. Geophysical Research Letters, 40(11), 2673-2678

38. 38. Custudio E et al. (2016) Groundwater intensive use and mining in south-eastern peninsular Spain: Hydrogeological, economic and social aspects. Science of the Total Environment, 559, 302-316

39. Moustdraf J, Razack M, Sinan M (2008) Evaluation of the impacts of climate changes on the coastal Chaouia aquifer, Morocco, using numerical modeling. Hydrogeology Journal, 16(7), 1411-1426

40. Leduc C, Pulido-Bosch A, Remini B (2017) Anthropization of groundwater resources in the Mediterranean region: processes and challenges. Hydrogeology Journal, 25(6), 1529-1547

41. Marchane A, Tramblay Y, Hanich L, Ruelland D, Jarlan L (2017) Climate change impacts on surface water resources in the Rheraya catchment (High-Atlas, Morocco). Hydrological Sciences Journal, 62(6), 979-995

42. UNEP/MAP, Plan Bleu (2009) State of the environment and development in the Mediterranean. Technical report, Athens, 200 p.

43. Fader M, Shi S, Von Bloh W, Bondeau A, Cramer W (2016) Mediterranean irrigation under climate change: more efficient irrigation needed to compensate increases in irrigation water requirements. Hydrology and Earth System Sciences, 20, 953-973

44. Michelozzi P, de'Donato F (2014) Climate changes, floods, and health consequences. Recenti Progressi in Medicina, 105(2), 48-50

45. 4Paciello MC (ed.) (2015) Building sustainable agriculture for food security in the Euro-Mediterranean area: Challenges and policy options, IAI, Rome, OCP, Rabat, 334 pp.

46. Barbagallo RN, Di Silvestro I, Patanè C (2013) Yield, physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. Brigade as affected by water stress in Mediterranean climate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93, 1449-1457

47. Fitzgerald GJ et al. (2016) Elevated atmospheric [CO2] can dramatically increase wheat yields in semi-arid environments and buffer against heat waves. Global Change Biology, 22, 2269-2284

48. Fernando N et al. (2015) Rising CO2 concentration altered wheat grain proteome and flour rheological characteristics. Food Chemistry, 170, 448-454

49. Link PM, Kominek J, Scheffran J (2012) Impacts of sea level rise on the coastal zones of Egypt. Mainzer Geographische Studien 55, pp. 79-94, Working paper CLISEC-25

50. Herrero M, Thornton PK (2013) Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 110, 20878-20881

51. Miraglia M et al. (2009) Climate change and food safety: An emerging issue with special focus on Europe. Food and Chemical Toxicology, 47, 1009-1021

52. Tanasijevic L et al. (2014) Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. Agricultural Water Management, 144, 54-68

53. Ponti L, Gutierrez AP, Ruti PM, Dell'Aquila A (2014) Fine-scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 111(15), 5598-5603

54. Fraga H, García de Cortázar Atauri I, Malheiro AC, Santos JA (2016) Modelling climate change impacts on viticultural yield, phenology and stress conditions in Europe. Global Change Biology, 22, 3774-3788

55. Funes I et al. (2016) Future climate change impacts on apple flowering date in a Mediterranean subbasin. Agricultural Water Management, 164, 19-27

56. Arbex de Castro Vilas Boas A, Page D, Giovinazzo R, Bertin N, Fanciullino A-L (2017) Combined effects of irrigation regime, genotype, and harvest stage determine tomato fruit quality and aptitude for processing into puree. Frontiers in Plant Science, 8, 1725

57. Deryng D et al. (2016) Regional disparities in the beneficial effects of rising CO2 concentrations on crop water productivity. Nature Climate Change, 6, 786-790

58. Lacirignola C, Capone R, Debs P, El Bilali H, Bottalico F (2014) Natural Resources – Food Nexus: Food-Related Environmental Footprints in the Mediterranean Countries, Frontiers in Nutrition, 1, 23

59. FAO (UN Food and Agriculture Organization) (2016) Livestock contribution to food security in the Near East and North Africa. FAO regional conference for the Near East, 33th Session, Beirut, Lebanon, 18-22 April 2016

60. 60. STECF (2016) Reports of the Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF)-51st Plenary meeting Report (PLEN-16-01). 2016. Publications office of the European union, Luxembourg, EUR 27458 EN, JRC 101442, 95 pp

61. Piante C, Ody D (2015) Blue growth in the Mediterranean Sea: the challenge of good environmental status. MedTrends Project, WWF-France, 192pp

62. Sacchi J (2011) Analyse des activités économiques en Méditerranée : secteurs pêche – aquaculture. Plan Bleu, Valbonne, 87pp

63. Jones MC, Cheung WWL (2015) Multi-model ensemble projections of climate change effects on global marine biodiversity. ICES Journal of Marine Science, 72, 741-752

64. Cheung WWL et al. (2016) Structural uncertainty in projecting global fisheries catches under climate change. Ecological Modelling, 325, 57-66

65. Ben Rais Lasram F et al. (2010) The Mediterranean Sea as a 'cul-de-sac' for endemic fishes facing climate change. Global Change Biology, 16, 3233-3245

66. Sabatés A, Martín P, Lloret J, Raya V (2006) Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, Sardinella aurita, in the western Mediterranean. Global Change Biology, 12, 2209-2219

67. Poloczanska ES et al. (2016) Responses of marine organisms to climate change across oceans. Frontiers in Marine Science, 3, 62

68. Liquete C, Piroddi C, Macias D, Druon J-N, Zulian G (2016) Ecosystem services sustainability in the Mediterranean Sea: assessment of status and trends using multiple modelling approaches. Scientific Reports, 6, 34162

69. Gauquelin T et al. (2016) Mediterranean forests, land use and climate change : a social-ecological perspective. Regional Environmental Change, 18(3), 623-636

70. Peñuelas J et al. (2017) Impacts of global change on Mediterranean forests and their services. Forests, 8(12), 463

71. Cheterian V (2009) Environment and security issues in the southern Mediterranean region. MEDSEC Partnership

72. Guiot J, Cramer W (2016) Climate change: The 2015 Paris Agreement thresholds and Mediterranean basin ecosystems. Science, 354, 465-468

73. Sen Z, Al Alsheikh A, Al-Dakheel AM, Alamoud AI, Abu-Risheh AW (2011) Climate change and Water Harvesting possibilities in arid regions. International Journal of Global Warming, 3(4), 355-371

74. Gea-Izquierdo G et al. (2017) Risky future for Mediterranean forests unless they undergo extreme carbon fertilization. Global Change Biology, 23, 2915-2927

75. Rambal S et al. (2014) How drought severity constrains gross primary production (GPP) and its partitioning among carbon pools in a Quercus ilex coppice? Biogeosciences, 11, 6855-6869

76. Muñoz-Rojas M, Doro L, Ledda L, Francaviglia R (2015) Application of CarboSOIL model to predict the effects of climate change on soil organic carbon stocks in agro-silvo-pastoral Mediterranean management systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 202, 8-16

77. Liu D et al. (2015) Contrasting impacts of continuous moderate drought and episodic severe droughts on the aboveground-biomass increment and litterfall of three coexisting Mediterranean woody species. Global Change Biology, 21, 4196-4209

78. Gentilesca T, Camarero JJ, Colangelo M, Nolè A, Ripullone F (2017) Drought-induced oak decline in the western Mediterranean region: an overview on current evidences, mechanisms and management options to improve forest resilience. Forest-Biogeosciences and Forestry, 10(5), 796-806

79. Linares JC, Taïqui L, Camarero JJ (2011) Increasing drought sensitivity and decline of Atlas Cedar (Cedrus atlantica) in the Moroccan Middle Atlas forests. Forests, 2(3), 777-796

80. Slimani S, Derridj A, Gutiérrez E (2014) Ecological response of Cedrus atlantica to climate variability in the Massif of Guetiane (Algeria). Forest Systems, 32(3), 448-460

81. Settele J et al. (2014) Terrestrial and Inland Water Systems. In: Field CB et al. (Eds.), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (pp. 271–359). Cambridge University Press.

82. Duputié A, Rutschmann A, Ronce O, Chuine I (2015) Phenological plasticity will not help all species adapt to climate change. Global Change Biology, 21(8), 3062-3073

83. Gouveia CM, Trigo RM, Beguería S, Vicente-Serrano SM (2017) Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region: An assessment using remote sensing data and multi-scale drought indicators. Global and Planetary Change, 151, 15-27

84. Santonja M et al. (2017) Plant litter mixture partly mitigates the negative effects of extended drought on soil communities and litter decomposition in a Mediterranean oak forest. Journal of Ecology, 105(3), 801- 815

85. Duguy B. et al. (2013) Effects of climate and extreme events on wildfire regime and their ecological impacts. In: Navarra, A. & Tubiana, L. (eds.) Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean. Volume 2: Agriculture, Forests and Ecosystem Services and People, Springer Publishers, pp. 101-134

86. Turco M, Llasat MC, von Hardenberg J, Provenzale A (2014) Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. Climatic Change, 125, 369-380

87. Ruffault J, Moron V, Trigo RM, Curt T (2016) Objective identification of multiple large fire climatologies: an application to a Mediterranean ecosystem. Environmental Research Letters, 11, 7

88. Ganteaume A et al. (2013) A review of the main driving factors of forest fire ignition over Europe. Environmental Management, 51, 651–662

89. Coll M et al. (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. PLoS ONE, 5(8), e11842

90. Micheli F et al. (2013) Cumulative human impacts on Mediterranean and Black Sea marine ecosystems: assessing current pressures and opportunities. PLoS ONE, 8, e79889

91. Galil BS, Marchini A, Occhipinti-Ambrogi A (2018) East is east and West is west? Management of marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. Estuarine and Coastal Shelf Sciences, 201, 7-16

92. Marbà N, Jorda G, Agustí S, Girard SC, Duarte CM (2015) Footprints of climate change on Mediterranean Sea biota. Frontiers in Marine Science, 2, 00056

93. Azzurro E, Moschella P, Maynou F (2011) Tracking signals of change in Mediterranean fish diversity based on local ecological knowledge. PLoS ONE, 6(9), e24885

94. Vergés A et al. (2014) Tropical rabbitfish and the deforestation of a warming temperate sea. Journal of Ecology, 102, 1518-1527

95. Licandro P et al. (2010) A blooming jellyfish in the northeast Atlantic and Mediterranean. Biology Letters, 6(5), 688-691

96. Jordà G, Marbà N, Duarte CM (2012) Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. Nature Climate Change, 2, 821-824

97. Parravicini V et al. (2015) Climate change and warm-water species at the north-western boundary of the Mediterranean Sea. Marine Ecology, 36(4), 897-909

98. Chevaldonné P, Lejeusne C (2003) Regional warming-induced species shift in north-west Mediterranean marine caves. Ecology Letters, 6, 371-379

99. Lejeusne C, Chevaldonné P, Pergent-Martini C, Boudouresque CF, Pérez T (2010) Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. Trends in Ecology and Evolution, 25(4), 250-60

100. Bramanti L et al. (2013) Detrimental effects of ocean acidification on the economically important Mediterranean red coral (Corallium rubrum). Global Change Biology, 19, 1897-1908

101. CIESM (2008) Impacts of acidification on biological, chemical and physical systems in the Mediterranean and Black Seas. In: Briand F (ed) CIESM workshop monograph 36. CIESM, Monaco.

102. Goodwin C, Rodolfo-Metalpa R, Picton B, Hall-Spencer JM (2014) Effects of ocean acidification on sponge communities. Marine Ecology, 35, 41-49

103. Gattuso J-P et al. (2015) Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios. Science, 349, 6243

104. Linares C et al. (2015) Persistent natural acidification drives major distribution shifts in marine benthic ecosystems. Proceedings of the Royal Society B, 282(1818), 20150587

105. Coma R et al. (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 106, 6176-6181

106. Garrabou J et al. (2009) Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. Global Change Biology, 15, 1090-1103

107. Rivetti I, Fraschetti S, Lionello P, Zambianchi E, Boero F (2014) Global warming and mass mortalities of benthic invertebrates in the Mediterranean Sea. PLoS ONE, 9, e115655

108. Bensoussan N, Garreau P, Pairaud I, Somot S, Garrabou J (2013) Multidisciplinary approach to assess potential risk of mortality of benthic ecosystems facing climate change in the NW Mediterranean Sea. Oceans - San Diego, 2013. pp.1-7

109. The MerMex Group (2011) Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean. Progress in Oceanography, 91, 97-166

110. Brown CJ et al. (2010) Effects of climate-driven primary production change on marine food webs: implications for fisheries and conservation. Global Change Biology, 16, 1194–1212

111. Cheung WW et al. (2013) Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. Nature Climate Change, 3, 254-258

112. Danovaro R, Fonda Umani S, Pusceddu A (2009) Climate change and the potential spreading of marine mucilage and microbial pathogens in the Mediterranean Sea. PLoS ONE, 4(9), e7006

113. Giuliani S, Virno Lamberti C, Sonni C, Pellegrini D (2005) Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian Sea. Science of the Total Environment, 353, 340-349

114. Ben-Gharbia H et al. (2016) Toxicity and growth assessments of three thermophilic benthic dinoflagellates (Ostreopsis cf. ovata, Prorocentrum lima and Coolia monotis) developing in the Southern Mediterranean Basin. Toxins, 8(10), 297

115. Bally M, Garrabou J (2007) Thermodependent bacterial pathogens and mass mortalities in temperate benthic communities: a new case of emerging disease linked to climate change. Global Change Biology, 13, 2078-2088

116. Vezzulli L et al. (2010) Vibrio infections triggering mass mortality events in a warming Mediterranean Sea. Environmental Microbiology, 12(7), 2007–2019

117. Staehli A, Schaerer R, Hoelzle K, Ribi G (2009) Temperature induced disease in the starfish Astropacten jonstoni. Marine Biodiversity Records, 2, e78

118. Airoldi L, Beck M (2007) Loss, status and trends for coastal marine habitats in Europe. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review, 45, 345–405.

119. Zacharias I, Zamparas M (2010) Mediterranean temporary ponds. A disappearing ecosystem. Biodiversity and Conservation, 19(14), 3827-3834

120. AllEnvi (ed.) (2016) The Mediterranean region under climate change, a science update. Paris: IRD Editions, 736 pp.

121. Burak S, Dogana E, Gazioglu C (2004) Impact of urbanization and tourism on coastal environment. Ocean & Coastal Management, 47, 515-527

122. Thibaut T, Blanfuné A, Verlaque M (2013) Mediterranean Lithophyllum byssoides (Lamarck) Foslie rims: chronicle of a death foretold. Rapports et PV des réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée, 40, 656

123. Ludwig W, Dumont E, Meybeck M, Heussner S (2009) River discharges of water and nutrients to the Mediterranean Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades? Progress in Oceanography, 80, 199-217

124. Hermoso V, Clavero M (2011) Threatening processes and conservation management of endemic freshwater fish in the Mediterranean basin: a review. Marine & Freshwater Research, 62(3), 244-254

125. Ficke AD, Myrick CA, Hansen LJ (2007) Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 17(4), 581-613

126. Filipe AF, Lawrence JE, Bonada N (2013) Vulnerability of stream biota to climate change in Mediterranean climate regions: a synthesis of ecological responses and conservation challenges. Hydrobiologia, 719(1), 331-351

127. Royé D (2017) The effects of hot nights on mortality in Barcelona. International Journal of Biometeorology, 61(12), 2127- 2140

128. Michelozzi P et al. (2009) High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. American Journal of Respiratory Critical Care, 179, 383-389

129. Oudin Åström D et al. (2015) The effect of heat waves on mortality in susceptible groups: a cohort study of a Mediterranean and a northern European City. Environmental Health, 14, 30

130. Paravantis J, Santamouris M, Cartalis C, Efthymiou C, Kontoulis N (2017) Mortality associated with high ambient temperatures, heatwaves, and the urban heat island in Athens, Greece. Sustainability, 9(4), 606

131. Fouillet A et al. (2008) Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. International Journal of Epidemiology, 37(2), 309-317

132. Sanz-Barbero B et al. (2018) Heat wave and the risk of intimate partner violence. Science of the Total Environment, 644, 413-419

133. Paz S, Negev M, Clermont A, Green MS (2016) Health aspects of climate change in cities with Mediterranean climate, and local adaptation plans. International Journal of Environmental Research and Public Health, 13(4), 438

134. Smith KR et al. (2014) Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 709-754

135. Vezzulli L et al. (2012) Long-term effects of ocean warming on the prokaryotic community: evidence from the vibrios. The International Society for Microbial Ecology Journal, 6, 21-30

136. Roiz D, Boussès P, Simard F, Paupy C, Fontenille D (2015)

Autochthonous Chikungunya transmission and extreme climate events in Southern France. PLoS Neglected Tropical Diseases, 9(6), e0003854

137. ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). Clusters of autochthonous Chikungunya cases in Italy, first update – 9 October 2017. Stockholm, Sweden (2017), Available online: http://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/RRA-chikungunya-Italy-update-9-Oct-2017.pdf

138. Altizer S, Ostfeld RS, Johnson PT, Kutz S, Harvell CD (2013) Climate change and infectious diseases: from evidence to a predictive framework. Science, 341, 514-519

139. Paz S et al. (2013) Permissive summer temperatures of the 2010 European West Nile Fever upsurge. PLoS ONE, 8(2), e56398

140. Semenza JC et al. (2016) Climate change projections of West Nile Virus infections in Europe: Implications for blood safety practices. Environmental Health, 15(Suppl 1), 28, 125-136

141. Cecchi L et al. (2010) Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. Allergy, 65(9), 1073-1081

142. D'Amato G et al. (2015) Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. World Allergy Organization Journal, 8(1), 25

143. Ayres JG et al. (2009) Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement. European Respiratory Journal, 34(2), 295-302

144. D'Amato G, Cecchi L, Bonini S, Nunes C, Annesi-Maesano I, Behrendt H, Liccardi G, Popov T, van Cauwenberge P (2007) Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. Allergy, 62(9), 976-990

145. Messeri A et al. (2015) Weather-related flood and landslide damage: a risk index for Italian regions. PLoS ONE, 10(12), e0144468

146. Rodriguez-Arias MA et al. (2008) A literature review on climate-sensitive infectious diseases in the Mediterranean region. Technical Report, January 2008. GOCE 036961 CIRCE

147. Roche B et al. (2015) The spread of Aedes albopictus in metropolitan France: contribution of environmental drivers and human activities and predictions for a near future. PLoS ONE, 10(5), e0125600

148. Vittecoq M et al. (2013) Risks of emerging infectious diseases: evolving threats in a changing area, the Mediterranean basin. Transboundary and Emerging Diseases, 61, 17-27

149. Becker A, Inoue S, Fischer M, Schwegler B (2012) Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators. Climatic Change, 110(1), 5-29

150. Sánchez-Arcilla A et al. (2011) Climatic drivers of potential hazards in Mediterranean coasts. Regional Environmental Change, 11(3), 617-636

151. Satta A, Snoussi M, Puddu M, Flayou L, Hout R (2016) An Index-based method to assess risks of climate-related hazards in coastal zones: the case of Tetouan. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 175, 93-105

152. Hanson S et al. (2011) A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes. Climatic Change, 104(1), 89-111

153. Hallegatte S, Green C, Nicholls RJ, Corfee-Morlot J (2013) Future flood losses in major coastal cities. Nature Climate Change, 3(9), 802-806

154. Satta A, Venturini S, Puddu M, Firth J, Lafitte A (2015) Application of a multi-scale coastal risk index at regional and local scale in the Mediterranean. Plan Bleu Technical Report

155. Satta A, Venturini S, Puddu M, Giupponi C (2017) Assessment of coastal risks to climate change related impacts at the regional scale: The case of the Mediterranean region. International Journal of Disaster Risk Reduction, 24, 284-296

156. Tolba MK, Saab NW (2009) Arab environment: Climate change, Arab Forum for Environment and Development (AFED), Lebanon

157. Plan Bleu (2016) Towards a multi-scale coastal risk index for the Mediterranean, Note n°28

158. Wong PP et al. (2014) Coastal systems and low-lying areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB et al. (eds.)]

159. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 361-409

160. Hegazi AM, Afifi MY, El Shorbagy MA, Elwan AA, El-Demerdashe S (eds.) (2005). Egyptian National Action Program to Combat Desertification. Arab Republic of Egypt Ministry of Agriculture & Land Reclamation, UNCCD, and Desert Research Center

161. Reimann L, Vafeidis AT, Brown S, Hinkel J, Tol RSJ (2018) Mediterranean UNESCO World Heritage at risk from coastal flooding and erosion due to sea-level rise. Nature Communications, 9, 4161

162. Pistocchi A, Calzolari C, Malucellic F, Ungarob F (2015) Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna, Italy. Journal of Hydrology: Regional Studies, 4(Part B), 398-409

163. Alfieri L, Feyen L, Dottori F, Bianchi A (2015) Ensemble flood risk assessment in Europe under high end climate scenarios. Global Environmental Change, 35, 199-212

164. Blöschl G et al. (2017) Changing climate shifts timing of

European floods. Science, 357, 588-590

165. Gleick PH (2014) Water, drought, climate change, and conflict in Syria. Weather, Climate and Society, 6, 331-340

166. Kelley CP et al. (2015) Climate change in the Fertile Crescent and implication of the recent Syrian drought. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 112, 3241-3246

167. de Châtel F (2014) The role of drought and climate change in the Syrian uprising: untangling the triggers of the revolution. Middle Eastern Studies, 50(4), 521-535

168. Cook BI, Anchukaitis KJ, Touchan R, Meko DM, Cook ER (2016) Spatiotemporal drought variability in the Mediterranean over the last 900 years. Journal Geophysical Research, Atmosphere, 121(5), 2060-2074

169. Renaud F, Dun O, Warner K, Bogardi J (2011) A decision framework for environmentally induced migration. International Migration, 49(S1), e5-e29

